



**РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**RADIOACTIVITY AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN  
HUMAN ENVIRONMENT**

**ТОМСК 1996**

Государственный Комитет Российской Федерации по высшему образованию  
Томский политехнический университет  
Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов  
Российской Федерации  
Государственный комитет экологии и природных ресурсов Томской области  
Комитет Охраны окружающей среды и природных ресурсов г. Северска  
Администрация Томской области  
Российская Академия Наук  
Объединённый Институт Геологии, Геофизики и Минералогии СО РАН  
Концерн "Геологоразведка"  
Международная Академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности  
Малое государственное предприятие "Экогеос"

**РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**RADIOACTIVITY AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN HUMAN  
ENVIRONMENT**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ СТОЛЕТИЮ  
СО ДНЯ ОТКРЫТИЯ ЯВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И СТОЛЕТИЮ ТОМСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

22 - 24 мая 1996 года, Томск

ТОМСК 1996

6



УДК 550.42:546.7:504.05 (063)

**РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА: МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ ОТКРЫТИЯ ЯВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И СТОЛЕТИЮ ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, 22 - 24 мая 1996 г., Томск/ [Редкол.: Л.П. Рихванов (отв. ред) и др.] - Томск: Изд. ТПУ, 1996. - 495 с.**

В сборнике свещаются основные вопросы, связанные с явлением радиоактивности и радиоактивными элементами в природе, предлагаемые на обсуждение на Международной конференции.

Отражаются вопросы общего противоречивого подхода к проблеме. Рассматриваются особенности поведения естественных и техногенных радионуклидов в природной среде. Обсуждаются медико-биологические проблемы, обусловленные явлением радиоактивности и радиоактивными элементами. Представлены методические вопросы по организации радиационного мониторинга, определения палеодоз, содержания радионуклидов.

Сборник рекомендуется для геохимиков, биологов, медиков, физиков и химиков - технологов и аналитиков, экологов и многих других специалистов, интересующихся проблемами радиогеологии, радиоэкологии.

UDK 550.42:546.7:504.05 (063)

**RADIOACTIVITY AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN MAN'S ENVIRONMENT: THE INTERNATIONAL CONFERENCE MATERIALS DEVOTED TO THE CENTENARY OF RADIOACTIVITY DISCOVERY AND A HUNDREDTH ANNIVERSARY OF TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY, May 22 - 24, 1996, Tomsk / (Editorial board: L.P. Rikhvanov (managing editor) et.al) - Tomsk, TPU publishing house, 1996, p. 495.**

The basic problems associated with the phenomenon of radioactivity and radioactive elements in Nature to be discussed at the International conference are highlighted.

The general problems of a contradictory approach to the problem are shown. Peculiarities of natural and technogenic radionuclides behaviour in natural surroundings are considered. Methodological problems of radiation monitoring organization, paleodoses specifying, radionuclides content are discussed. The collection is offered to geochemists, biologists, doctors, physicists and chemists - technologists and analysts, ecologists and other specialists interested in the problems of radiogeology, radioecology.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1996 год является знаменательным для мировой и российской общественности тем, что в этом году исполняется 100 лет со дня открытия гражданином Франции А.А. Беккерелем явления радиоактивности и 100 лет со дня открытия первого на обширных сибирских просторах технического ВУЗа России Томского политехнического института (ныне политехнического университета).

Этим двум датам и посвящается проведение Международной конференции "Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека".

Целью конференции является подведение результатов исследований в области радиозэкологии и радиогеохимии за последние годы, обсуждение путей возможного использования радиоактивности и радиоактивных элементов в прогрессе общества.

Одна из важнейших задач конференции, показать, что радиоактивность — нормальное природное явление. Однако этой мощной силой нужно уметь пользоваться и получать максимально возможную выгоду при минимальном отрицательном воздействии на природу и человека.

Открытие радиоактивности - это величайшее достижение нашей цивилизации. Как показывают архивные материалы, исследование радиоактивных веществ и радиоактивности в Сибири начато почти одновременно или даже несколько опережая таковые в столичных центрах России и сосредотачивалось в ВУЗах Томска.

В политехническом университете с начала века работала и работает большая группа специалистов в области ядерной химии и физики, радиогеохимии и радиозэкологии. Функционирует институт Ядерной Физики, а при нем имеется единственный в азиатской части России ядерный исследовательский реактор, на котором ведутся исследования в областях геохимии, экологии, материаловедения. Ведется подготовка специалистов в области ядерной физики, геологии, экологии.

Для Урало-Сибирского региона проведение такого крупного научного форума и публикация данных материалов является весьма актуальным, так как в силу специфики развития государства значительная часть объектов предприятий ядерно-топливного цикла была сосредоточена здесь, что создало определенные экологические проблемы.

В материалах конференции представлены исследования ученых и специалистов из России, Казахстана, Узбекистана, Китая и других стран, из городов Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Новосибирска, Кемерово, Барнаула, Красноярска, Железногорска, Томска, Северска, Иркутска, Улан-Уде, Кызыла, Владивостока, Дмитровграда и других городов, работающих в данном направлении. В них отражаются многогранные аспекты такого уникального явления природного мира как **РАДИОАКТИВНОСТЬ** и носителей этого явления - **РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**.

Организаторы конференции стремились к тому, чтобы в данных материалах были отражены все существующие точки зрения по данной проблеме, имеющие как позитивную, так и негативную оценки в обществе.

Мы глубоко уверены, что будущее у явления радиоактивности и радиоактивных элементов есть, они могут и обязаны служить интересам рода человеческого. Но это возможно только на пути высоконравственного отношения к этой проблеме, когда будут учитываться, прежде всего, интересы каждого человека.

Именно эту цель и преследуют публикуемые материалы конференции.

Проведение конференции и издание ее материалов стало возможным благодаря материальной и моральной поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (проект № 96-05-74016), Администрации Томской области, Государственного Комитета экологии и природных ресурсов Томской области, Государственного Комитета Российской Федерации по высшему образованию, Комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов г. Северска.

Оргкомитет Конференции

## FOREWORD

The centenary of a French scientist A.A. Becquerel's discovery of radioactivity and a hundredth anniversary of the first technical school of higher learning in Siberia, now known as Polytechnical University, have made 1996 remarkable both for the Russian and world-wide public.

The International conference "Radioactivity and radioactive elements in human environment" is dedicated to these great events.

Consideration of radioecology and radiogeochemistry recent research results, discussion of radioactivity and radioactive elements possible application in humanity's progressing are the purpose of the given conference.

To show radioactivity as a normal natural phenomenon is one of the main goals of the conference. However, the mighty power should be very skilfully applied to make it extremely useful and beneficial with the least possible negative effect on man and nature.

The discovery of radioactivity is the greatest achievement of our civilization. As the archives materials show the study of radioactive elements in Siberia has been in step and even ahead of the one in some capital centers and concentrated in Tomsk higher schools.

A team of experts in the field of nuclear chemistry and physics, radiochemistry and radioecology has been working at the Polytechnical University since the beginning of the century. Geochemical, ecological and material study investigations have been conducted with the only research nuclear reactor in the Asian part of Russia at Tomsk Nuclear Physics Institute. Specialists in Nuclear Physics, geology and ecology are being trained. Holding such a significant forum and publication of the given materials are very timely for the Urals and Siberia for it is here that the majority of nuclear fuel cycle enterprises are located causing certain environmental problems.

Scientists and experts working in the given direction in Russia, Kazakhstan, Uzbekistan, China and other countries including such cities as Moscow, St. Petersburg, Ekaterinburg, Novosibirsk, Kemerovo, Barnaul, Krasnoyarsk, Zheleznogorsk, Tomsk, Seversk, Irkutsk, Ulan-Ude, Kyzyl, Vladivostok, Dimitrovgrad and others have presented their research in the conference materials. Versatile aspects of such unique natural phenomenon as **RADIOACTIVITY** and the carriers of this phenomenon - **RADIOACTIVE ELEMENTS** are represented in them.

The conference organizers did their best to include all possible view-points, estimated both positively and negatively by public, into the materials of the conference.

Deep in our hearts we are sure that the phenomena of radioactivity and radioactive elements have the future. They are sure to serve human goals. We can make it possible only if the problem is properly considered in terms of high moral standards and every individual's interests are taken into account.

It is this object that the published materials of the conference are aimed at.

The Russian Fund of Fundamental Research (project № 96-65-74016), Tomsk Region Administration, State Ecological and natural resources Committee of Tomsk Region, the Russian Federation State Committee for higher education, Environmental and natural resources protection committee of Seversk made it possible to hold this conference and publish its materials, rendering material and moral support.

Conference Organizing Committee

***ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПО ПРОБЛЕМАМ  
РАДИОАКТИВНОСТИ***

# О НОВОМ СВОЙСТВЕ МАТЕРИИ, НАЗЫВАЕМОМ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ \*)

ON A NEW PROPERTY OF THE SUBSTANCE CALLED RADIOACTIVITY

(Речь, произнесенная в Стокгольме при вручении Нобелевской премии

11 декабря 1903 г.)

Беккерель А.-А.

..... В начале 1896 года, в тот самый день, когда в Париже стало известно об опытах Рентгена и о необычайных свойствах лучей, испускаемых фосфоресцирующими стенками кружковых трубок, я задумал исследовать, не испускает ли такие же лучи и всякое другое фосфоресцирующее вещество. Опыт не подтвердил этого предположения, но во время моих исследований я столкнулся с неожиданным явлением.

Среди фосфоресцирующих тел для исследования особенно подходили соли урана вследствие необычного строения, которое, по-видимому, обнаруживается гармоническим рядом полос, образующим их спектры поглощения и фосфоресценции. Поэтому плоские кристаллики двойной сернокислой соли урана и калия были положены на фотографические пластинки, завернутые в черную бумагу или защищенные листком алюминия, и выставлены на несколько часов на свет. Проявив их, я заметил, что урановая соль испускала лучи, которые воспроизвели силуэты кристаллов сквозь черную бумагу и различные экраны из металла или тонкого стекла, наложенные на пластинки.

В этих условиях можно было приписать это явление преобразованию солнечной энергии типа фосфоресценции, но вскоре я убедился, что излучение не зависело ни от какого известного возбуждения - светового, электрического или теплового.

Итак, перед нами было самопроизвольное явление совершенно нового порядка. Предлагаю вашему вниманию первый отпечаток, обнаруживший самопроизвольность излучения, испускаемого солью урана. Лучи прошли сквозь черную бумагу, в которую была завернута фотографическая пластинка, и тонкую медную пластинку в форме креста. Вот, далее, радиография алюминиевой медали; вследствие неодинакового поглощения лучей металлом различной толщины получилось портретное изображение. Так как взятые нами соли урана были приготовлены очень давно, то надо было думать, что интенсивность явления не зависела от времени и что, следовательно, излучение носило постоянный характер. Все позднейшие опыты показали, что активность урана не обнаруживает никакого заметного уменьшения с течением времени.

В момент, когда я получил эти первые результаты, я заметил, что излучение урана разряжало на расстоянии наэлектризованные тела, и это явление дало вто-

рой метод изучения новых лучей. Фотографический метод был по преимуществу качественным, тогда как электрический метод давал количественные показания, и первые же измерения выявили постоянство излучения во времени.

Оба метода позволили установить, что все соли урана, каково бы ни было их происхождение, дают излучения одной и той же природы, что это излучение является свойством, присущим атомам элемента **урана**, и что металлический уран примерно в 3,5 раза активнее, чем соль, взятая в первых опытах.

..... Излучение радиоактивных веществ производит различные химические действия: оно влияет на вещества, применяемые в фотографии, и в этом отношении наиболее активны  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучи; оно окрашивает стекло в фиолетовый или коричневатый цвет, а щелочные соли - в желтый, фиолетовый, голубой или зеленый цвета. Под его воздействием парафин, целлулоид, бумага желтеют, белый фосфор превращается в красный. Это превращение было установлено для  $\beta$ -лучей, но, вероятно, и  $\alpha$ -лучи также оказывают это действие. В воздухе близ активных тел образуется озон. Не только газы, но и жидкие диэлектрики, как нефть, жидкий воздух, и твердые изоляторы, как парафин, ионизируются при прохождении излучения радия и сохраняют свои проводящие свойства несколько мгновений после прекращения действия излучения.

..... Наблюдались также различные физиологические действия лучей радия: они вызывают фосфоресценцию различных сред глаза; при приближении активного вещества к виску получается ощущение света. Они действуют на эпидерму и глубоко поражают кожу, подобно X-лучам. Действие вначале не вызывает никакого ощущения и последствие его развивается лишь через несколько недель: образуются более или менее глубокие раны, которые требуют для заживления иногда нескольких месяцев и после которых остаются шрамы. В настоящее время делаются попытки использовать это действие при лечении волчанки и рака.

Лучами радия активно действуют на нервные центры и могут вызывать параличи и смерть; по-видимому, они оказывают особенно сильное действие на живые ткани в состоянии эволюции.

Мы говорили до сих пор только об излучении, которое проходит через стекло, слюду, непрозрачные тела и металлы. Но в излучениях радиоактивных тел наблюдается еще явление иного порядка, по-видимому, тесно связанное с радиоактивностью, если только не считать его первичным явлением. Торий и радий испускают энергию в особой форме; ее активность распространяется наподобие активного газа, который был назван **эманацией** и который задерживается любой самой тонкой преградой, непроницаемой для газов.

<sup>\*)</sup> Выдержка печатается по трудам института Истории естествознания и техники. История физико-математических наук. Т.19.- М.: изд-во АН СССР, 1957. - С.139-151.

## ОТКРЫТИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ \*) THE DISCOVERY OF RADIOACTIVITY AND RADIOACTIVE ELEMENTS

Мария Кюри

Мария Кюри (Склодовская - Кюри) - выдающийся исследователь радиоактивности и радиоактивных элементов. Родилась в 1867 году в Польше. С 1881 года жила и работала во Франции. Вместе с мужем П. Кюри открыла радиоактивные элементы полоний, радий. Дважды лауреат Нобелевской премии (1903, 1911). Почетный член Академии Наук СССР (1926).

Мать Ирен Кюри (Жолио - Кюри), лауреата Нобелевской премии 1935 года за работы в той же области науки.

Учение о радиоактивности охватывает, с одной стороны, учение о химии радиоактивных элементов, а с другой стороны, учение о лучах, испускаемых этими элементами, и связанные с этим вопросы строения атомов. Радиоактивными элементами называют особые химические элементы, характеризующиеся самопроизвольным атомным испусканием так называемых альфа-, бета- и гамма-лучей, т. е. положительных корпускулярных лучей, отрицательных корпускулярных лучей (движущиеся электроны) и электромагнитного излучения. Это лучеиспускание связано с атомными превращениями. Если рассматривать альфа-, бета- и гамма-лучи в порядке их проникающей способности, то наименее проникающими будут альфа-лучи. Они поглощаются бумажным или алюминиевым листком около 0,1 мм толщиной. Их пробег в воздухе равен нескольким сантиметрам. Бета-лучи распространяются в воздухе на большие расстояния и могут проходить сквозь слой алюминия толщиной в несколько миллиметров. Гамма-лучи могут проходить сквозь несколько сантиметров таких относительно плотных веществ, как свинец.

Радиоактивность была открыта Анри Беккерелем в 1896 году.

Начало работ Беккереля связано с последовавшими за открытием лучей Рентгена исследованиями о действии фосфоресцирующих и флуоресцирующих веществ на фотографические пластинки.

Первые рентгеновские трубки не имели металлического антикатада, и источником лучей Рентгена была флуоресцирующая под ударами катодных лучей стеклянная стенка трубки. Следовательно, можно было задаться вопросом, не сопровождается ли всегда флуоресценция, какова бы ни была вызывающая причина, испусканием лучей Рентгена. После того как Анри Пуанкаре высказал эту мысль, было сделано много попыток получить при помощи фосфоресцирующего сернистого цинка или подвергнутого действию света сернистого кальция фотографические отпечатки сквозь черную бумагу. Конечный результат этих опытов был отрицательным.

Анри Беккерель производил такие опыты с солями урана, так как некоторые из них обладают свойством флуоресцировать. Он получил фотографические оттиски сквозь черную бумагу при помощи флуоресцирующего двойного сульфита уранила и калия. Дальнейшие опыты показали, однако, что наблюдаемое явление никак не связано с флуоресценцией. Оказалось, что освещение соли не является необходимым условием и что на фотографические пластинки действуют и уран и все его, как флуоресцирующие, так и не флуоресцирующие, соединения, причем наиболее сильно действует металлический уран. Беккерель обнаружил затем, что соединения урана, в течение нескольких лет находившиеся в полной темноте, продолжают действовать на фотографические пластинки сквозь черную бумагу. Тогда он пришел к заключению, что уран и его соединения испускают особые **урановые лучи**. Эти лучи обладают способностью проходить сквозь тонкие металлические экраны. Проходя через газы, урановые лучи ионизируют их и делают их проводниками электричества. Излучение урана самопроизвольно и постоянно, оно не зависит от таких внешних условий, как освещение и температура.

Электропроводность воздуха или других газов, вызванная действием уранового излучения, по своей природе одинакова с электропроводностью, возникающей в них под действием лучей Рентгена. В обоих случаях ионы имеют одинаковую подвижность и одинаковый коэффициент диффузии. Как и в случае рентгеновских лучей, по измеренной в определенных условиях величине тока насыщения можно определить **интенсивность уранового излучения**.

**Л у ч и т о р и я.** Исследования, произведенные одновременно В. Шмидтом и Марией Кюри, показали, что соединения тория испускают лучи, подобные урановым. Такие лучи часто называют **лучами Беккереля**. Вещества, испускающие лучи Беккереля, назвали **радиоактивными**, а новое свойство вещества, обнаруженное по этому лучеиспусканию, **радиоактивностью** (Мария Кюри). Элементы, обладающие этим свойством, называются **радиоэлементами**.

\*) (Выдержка печатается по книге: Мария Кюри "Радиоактивность" - М.: Госуд. изд-во физ-мат. литературы, 1960. - С.121-122).



## ЗАДАЧИ ДНЯ В ОБЛАСТИ РАДИЯ \*)

### PREZENTDAY PROBLEMS IN THE FIELD OF RADIUM

(Речь на Общем собрании Академии 29 декабря 1910 г.)

Вернадский В.И.

Вернадский Владимир Иванович (1863 - 1945) - русский ученый-геохимик. Действительный член Российской Академии Наук. Герой Социалистического труда. Основоположник биогехимии, учения о ноосфере. Стоял у истоков исследования радиоактивных веществ в России.

В 1896 г., в самом конце XIX столетия, внимание ученых обратилось к явлениям, которым, по-видимому, суждено оказать огромное влияние на жизнь человечества, начать новую эру его истории.

В этом году А. Беккерель вновь выдвинул способность соединения урана испускать лучи особого характера, одно время названные Беккерелевскими лучами, а через два года супруги Кюри открыли новый химический элемент радий, обладающий этой способностью в миллион раз больше, и вскоре Склодовская-Кюри и Шмидт указали, что та же способность свойственна еще одному элементу - торию. Вслед за тем были найдены и другие простые тела химии, резко проявляющие те же свойства, - как мы теперь говорим, сильно радиоактивные элементы: полоний, актиний, радон (эманация радия), ионий и многочисленные другие продукты изменения урана, радия, актиния, полония и тория. Наконец, еще позже оказалось, что, по крайней мере, два элемента из ранее известных, калий и рубидий, обладают, хотя и в слабой степени, той же способностью. В научной литературе не раз высказывалась уверенность в том, что все элементы в большей или меньшей степени радиоактивны, что **радиоактивность есть общее свойство материи.**

Это открытие произвело огромный переворот в научном мировоззрении, вызвало создание новой науки, отличной от физики и химии, - **учения о радиоактивности**, поставило перед жизнью и техникой практические задачи совершенно нового рода, открыло горизонты возможностей, совершенно неожиданных и, казалось, навсегда для человечества закрытых.

Благодаря открытию явлений радиоактивности, мы узнали новый, негаданный источник энергии. Этим источником явились химические элементы. Они, сами по себе, постоянно выделяют энергию - лучи разного рода свойств: лучи  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  способны производить работу, несут электричество разного знака, производят самые разнообразные изменения в окружающей среде. Подобно лучам света они способны производить изменения в солях серебра и таким путем фотографировать в темноте, вещества, ими богатые, вызывают явления свечения, они легко проходят через непрозрачные предметы, разряжают заряженные электричеством проводники, могу-

щественным и разнообразным образом действуют на организмы. Среда, в которых находятся следы этих лучей, получает новые свойства: газы становятся проводниками для электричества, вещества, способные флюоресцировать, начинают светиться, в их присутствии происходят не идущие в других условиях химические реакции.

Одновременно с этим излучением радиоактивные элементы обладают более высокой температурой, чем окружающее пространство. От них во все стороны исходит тепло; при этом процесс теплового излучения идет непрерывно все время, годами, без уменьшения своей силы и без видимого и заметного для нас затрачивания какой-нибудь другой энергии на его производство. Он пропорционален массе радиоактивного элемента, причем, так же как все другие проявления радиоактивных свойств, эффект получается огромный по сравнению с вызывающей его массой. Так, Содди вычислил, что три сантиграмма бромистого радия в течение года выделили около 16 500 калорий.

Но не только выделение тепла, а и перенос электрических зарядов, и изменение химических соединений серебра, и явления свечения, ими вызываемые, огромны по своей силе по сравнению с массой радиоактивного вещества.

Энергия, развиваемая при превращении грамма радия, равна энергии сгорания 500 кг каменного угля. Если бы мы собрали 0,5 л радиевой эманации - радона, то не нашлось бы сосуда, который мог бы сохранить этот тяжелый радиоактивный газ: всякое вещество, нам известное, превратилось бы в пар при соприкосновении с ним!

Но перед нами открылся не только новый источник энергии. Попытки объяснить его вызвали следствия не менее крупного научного значения.

Оказалось, что все выделения энергии при радиоактивных процессах, подобно всемирному тяготению, не могут быть никакими способами изменены в своем течении или в своей силе. И, вместе с тем, все эти проявления энергии теснейшим образом связаны с материальными излучениями, из радиоактивных тел выделяются тяжелые элементарные газы - эманации, вокруг радиоактивных тел садится тончайшая твердая пыль, образующая на некоторых предметах пленочные налеты....

..... Старинные мечтания алхимиков получили реальное основание! Некоторые химические элементы, не разлагаемые во время химических процессов, распадаются во время реакций радиоактивных. На частном случае гелия мы имеем опытное подтверждение возможности такого превращения.

..... Имея великое счастье переживать этот исторический перелом человеческого сознания, мысль невольно обращается к прошлому, к летописям

научных исканий. Уже не раз в истории науки входили в человеческое сознание новые представления о силах, строящих Вселенную.

..... Уже теперь в картине реальной природы выдвинуто значение радиоактивности для объяснения теплоты земного шара, для определения его возраста, для исчисления годами геологических периодов, для образования горных цепей; мы видим ее проявления в учении об атмосферном электричестве, о химических реакциях земной поверхности.

..... Всегда при вхождении новых сил человеческая мысль раньше всего обращается к ним для исцеления от страданий и болезней. И в области радия мы ищем новых сил для защиты и для борьбы с поражающими нас несчастьями. **С надеждой и опасением всматриваемся мы в нового союзника и защитника.**

..... А теперь перед нами открываются в явлениях радиоактивности **источники атомной энергии, в миллионы раз превышающие все те источники сил, какие рисовались человеческому воображению.**

..... Как ни труден этот путь, нет никакого сомнения, что человечество пойдет по нему. Ибо с получением радия, источника лучистой энергии, связаны для него интересы огромного научного и практического значения ..... Работа эта уже началась и не может быть остановлена.

..... Эта работа имеет не только общечеловеческое значение. Для каждой страны, для каждого народа неизбежно выдвигаются при этом более узкие, но и более для него дорогие - его собственные интересы. И в вопросе о радии ни одно государство и общество не может относиться безразлично, как, каким путем, кем и когда будут использованы и изучены находящиеся в его владениях источники лучистой энергии. Ибо владение большими запасами радия даст владельцам его силу и власть, перед которыми может побледнеть то могущество, какое получают владельцы золота, земли, капитала.

Несомненно, в этом мировом стремлении рано ли, поздно ли будут изучены и радиевые руды Российской империи. Они есть на Урале, в Фергане, Сибири, может быть, на Кавказе. Ни количества их, ни запасов мы не знаем.

Для нас совсем небезразлично, кем они будут изучены. Они должны быть исследованы нами, русскими учеными. Во главе работы должны стать наши ученые, учреждения государственного или общественного характера.

Теперь, когда человечество вступает в новый век лучистой атомной энергии, мы, а не другие, должны знать, должны выяснить, что хранит в себе в этом отношении почва нашей родной страны.

<sup>1)</sup> Выдержки печатаются из "Избранных сочинений В.И. Вернадского", 1954 г.

**ИЩИТЕ РАДИЙ <sup>\*)</sup>**  
**LOOK FOR RADIUM**  
Обручев В.А.

Владимир Афанасьевич Обручев (1863 - 1956) - русский ученый геолог, писатель, крупнейший исследователь Сибири. Основатель сибирской геологической школы. Организатор и первый декан горного отделения Томского технологического института (ныне Политехнический университет). С 1901 по 1912 гг. профессор Томского технологического института. Действительный член Академии наук. Герой Социалистического труда.

.....Найденные в России, главным образом, благодаря поискам, организованным академией и руководимым В.И. Вернадским, месторождения радия заслуживают серьезного внимания, но и они еще не выяснены вполне....

.....Из вышеизложенного видно, что вопрос о поисках радия касается весьма серьезно и Сибири. (Я забыл упомянуть, что и в Алтае, по указанию В.И. Вернадского, прив. -доц. томского университета П.И. Пилипенко занимается поисками радиоактивных минералов).

Наиболее крупная сумма, просимая академией, назначена на поиски в Забайкальской области. Поэтому вполне уместно закончить настоящую статью рассмотрением вопроса, в каких местах Сибири следует искать радий.

На основании личного знакомства с геологией многих частей Сибири и литературного с остальными частями, я считаю себя вправе высказать следующие соображения:

Первое место среди частей Сибири, подающих надежды на нахождение радия, занимает Забайкальская область, включая берега о. Байкал. Эта страна сложена из древнейших горных пород и рассечена многочисленными трещинами, по которым неоднократно происходили оседания участков земной коры. Наиболее глубокое оседание самого крупного участка создало о. Байкал, представляющее настоящий провал, дно которого находится на 420 саж. ниже уровня океана, тогда как поверхность его на 227 саж. выше этого уровня. Не мудрено, что эта местность посещается частыми, хотя и не сильными землетрясениями.

По указанным трещинам в Забайкалье неоднократно происходили вулканические извержения, закончившиеся только в предшествующий нашему геологическому периоду. Сообщение земных недр с поверхностью поддерживалось здесь очень долго.

Область издавна славится присутствием различных руд и минералов; в Нерчинском округе в XVIII и XIX веках добывали разнообразные руды - серебряно-свинцовые, медные, цинковые, оловянные, сурьмяные, ртутные. Из минералов там же давно известны шерлы, волченец, горный хрусталь, аметист, топаз, берилл и др.

По берегам Байкала попадают гранаты, графит, байкалит, фитингофит, главколит, слюда, лазуревый камень и др.

Эти разнообразные минералы встречаются или в кристаллическом известняке, или в жилах так называемых пегматитов.

Образчиком этих пегматитов из моей коллекции заинтересовался еще в 1910 году профессор Томского университета П.П. Орлов, который подверг их исследованию. Все оказались более или менее радиоактивными, хотя пролежали в шкафах 15 - 16 лет в виде небольших кусков при полном доступе воздуха.

Профессор П.П. Орлов затем предпринял изучение забайкальских минеральных источников, весьма многочисленных, и нашел, что многие из них весьма радиоактивны.

Все эти признаки говорят, что Забайкальская область заслуживает особого внимания, а вышеуказанные открытия новых радиоактивных минералов в Хамар-Дабане и россыпей ториянита в Нерчинском районе уже подтвердили такой отзыв. Нужно надеяться, что эти находки не останутся единственными, а за ними последуют другие. Нужно только искать старательно.

Но одно дело - разведывать уже известное месторождение какого-нибудь минерала или руды в виде жил, гнезд, россыпей и т.п. И совсем другое дело - искать месторождение известного минерала, особенно в гористой и лесистой местности, каковую представляет большая часть Забайкалья. Нужно бродить по горам и падям, искать в тайге выходы горных пород, рассматривать гальку в руслах ручьев и речек, обломки в горных осыпях, щебень в искорях деревьев. Нужно расспрашивать местных жителей, особенно охотников, бродящих по тайге; показывать образчики искомого минерала, ездить и лазить с ними на указываемые места и бесконечное количество раз разочаровываться, так как в горах много черных и блестящих камней, которые на первый взгляд, особенно для не специалистов, похожи на урановую смоляную руду или другой из радиоактивных минералов.

Из других местностей Сибири можно указать еще на обширный Саян, протянувшийся от Тункинской долины у Байкала до реки Енисей и далее до верховий Абакана, а также на Кузнецкий Алатау, близкий к Томску. Но тот и другой в геологическом отношении известны гораздо хуже Забайкалья, а доступны для поисков, особенно Саян, еще меньше.

Преимущество перед ними, пожалуй, имеет Алтай, особенно его северная и западная окраины, где давно уже известны рудники Салаирские, Локтевские, Змеиногорские, Риддерские, Зыряновские и т.п., содержащие различные руды и некоторые редкие минералы; подобно Нерчинским, они работали в XVIII и XIX веках кабинетом Е. И. В.

Наконец, значительная часть Амурской и Приамурской областей по своему геологическому строению также дает надежды.

В общем, район для поисков радия в Сибири весьма значителен. Нужны только средства и люди.

<sup>7)</sup> Выдержка печатается по газете "Сибирская жизнь" от 1.12. 1913 года.

## **ЗАМЕТКИ О РАДИИ И РАДИОАКТИВНОСТИ \*<sup>1)</sup>**

### **NOTES ON RADIUM AND RADIOACTIVITY**

Алексеев Д.В.

Дмитрий Викторович Алексеев (1875 - 19??) - выпускник Московского государственного университета. С 1902 по 1908 гг. работал старшим лаборантом при кафедре органической химии Томского технологического института (ныне Томский политехнический университет). Позднее профессор Пермского университета, МГУ.

Со времени открытия радия и сходных с ним веществ еще не прошло и десяти лет, а между тем, едва ли в истории науки найдется другое открытие, которое за такой, сравнительно небольшой срок успело бы затронуть столько глубоких вопросов, коснуться самых разнообразных областей знания и открыть перед нами такую безграничную область исследования, как это сделало открытие радия. Единственное, с чем его можно сравнить, это открытие электричества, и если XIX век называется веком электричества, то XX будет веком радия. Цель настоящей заметки - показать, какое громадное, но еще не совсем ясное значение приобретает радий в вопросах физиологии и медицины.

Как известно, радий и сходные с ним вещества обладают способностью непрерывно испускать из себя лучи, проникающие, как лучи Рентгена, через все тела. Про рентгеновские лучи давно было известно, что они действуют на кожу раздражающим образом, при продолжительном действии вызывают даже болезненные явления, выпадение волос и т.п. При первых же опытах с радием оказалось, что его лучи действуют гораздо сильнее, но совершенно иначе: их действие долгое время остается скрытым и проявляется только потом, иногда через 2-3 недели. Но раз проявившись, оно так же медленно и неуклонно долгое время прогрессирует, не поддаваясь никакому лечению. На коже человека, на том месте, куда падали лучи радия, дней через 0 - 15 образуется сначала краснота, потом опухоль, потом крайне болезненная язва, заживающая с большим трудом. Небольшие животные, как мыши, подвергнутые действию лучей радия, первое время чувствуют себя вполне нормально, но затем мало - помалу начинают обнаруживать вялость, болезненные при-

падки и, наконец, умирают. Вскрытие показывает, что сильнее всего поражена нервная система. Подобные же опыты производились и над другими животными, и над растениями, причем неизменно сказывалось губительное действие лучей радия. Молодые ростки гороха, бобов и др. под влиянием его лучей, прежде всего, теряли присущую всем растениям способность направлять прорастающий корень книзу, а стебель вверх; затем растения становились мало - помалу вялыми, и наконец, погибали. При этом наблюдался интересный факт, что зеленые части растений дольше могли сопротивляться губительным лучам, чем незеленые. Производились также опыты, где радий давался животным внутрь, и из этих, равно как из описанных уже опытов вытекает одно - по отношению к живым существам радий действует как сильно ядовитое вещество. А если так, то не может ли радий оказывать целебное действие на организм: ведь мы знаем, что все наши лекарства суть не что иное, как более или менее сильные яды. Такой яд, как мышьяк, будучи употреблен в соответствующем количестве, действует укрепляющим образом и поднимает силы. То же можно сказать и о других, еще более страшных ядах, как стрихнин, синильная кислота и др. Дело только в том, в каком количестве тот или другой яд будет употреблен, и может быть, если радий будет действовать в ничтожнейшем количестве, его действие из смертоносного тоже превратится в целебное?

Прежде, чем ответить на этот вопрос, следует познакомиться с тем способом, при помощи которого вообще узнается о присутствии радия в том или другом веществе. Способ этот настолько же прост, насколько и точен, и именно при помощи его узнали о присутствии радия в той руде, из которой его впоследствии выделили. Состоит он в следующем: известно, что всякое наэлектризованное тело со временем потеряет свой электрический заряд, но эта потеря электричества совершается гораздо быстрее в том случае, если поблизости есть какое-нибудь вещество, либо содержащее радий, либо могущее испускать те же лучи, какие испускаются радием. Таким образом, по быстроте потери электричества можно судить о том, есть ли в исследуемом веществе радий, и много ли его. Если его сравнительно много, наэлектризованное тело теряет свое электричество почти мгновенно. Это свойство - уничтожать электрические заряды - принадлежит кроме радия еще целому ряду тел - все они называются радиоактивными. Замечательно, что такую радиоактивность (способность испускать такие же лучи, как радий) временно приобретают все тела, побывшие некоторое время рядом с радием, подвергшиеся влиянию его лучей. И вот, если таким электрическим способом исследовать радиоактивность различных руд, минералов, минеральных и горячих источников и т.п., то оказывается, что радиоактивность распространена несравненно шире, чем это обыкновенно думают. Например, профессор Соколов в Московском университете произвел исследование 15 образцов почв из различных местностей России - все они оказались более или

менее радиоактивными, особенно же серая глина из-под Читы и чернозем из Тульской губернии. Затем оказалось, что во всех подземных помещениях - глубоких погребках, пещерах - воздух обладает сильной радиоактивностью. Все ключи, вытекающие из глубоких слоев земли (например, ключи, обнаруженные при прорытии Семпленского туннеля), нефтяные источники оказались радиоактивными. Но особенно важно - наиболее сильной радиоактивностью обладают целебные минеральные источники и грязи. Все наиболее прославленные курорты - Висбаден, Карлсбад, Наугейм, Теплиц и др., особенно Кисловодский Нарзан отличаются сильной радиоактивностью своих источников или выделяющихся из них газов. По исследованию профессора Соколова, углекислый газ, в громадном количестве выделяющийся из Нарзана, в 350 раз радиоактивнее, чем обыкновенный воздух; воды Ессентуков и Елизаветинского источника в Пятигорске также сильно радиоактивны. То же самое можно сказать и о целебных грязях. Из всех русских грязей, которые были исследованы профессорами Боргманом и Соколовым, только Кеммернские оказались не содержащими даже следов радиоактивного вещества.

Этот факт - сильно выраженная радиоактивность минеральных источников - очень занимает как физиков, так и медиков, и в настоящее время нет сомнения, что большая доля их целебности зависит именно от содержания в них радиоактивных веществ. В пользу этого особенно говорит следующее обстоятельство: давно известно, что употребление минеральных вод (а также и ванн) на месте их происхождения оказывается несравненно действительнее, чем питье таких же вод присланных в бутылках, иногда за тысячи верст, или чем ванны, сделанные из присланной целебной соли. Как будто вода, потеряв свою свежесть, потеряла и целебную силу. Оказывается, что минеральная вода действительно теряет нечто большее, чем свежесть - она теряет свою радиоактивность. Через неделю у Нарзана остается лишь 1/16 первоначальной радиоактивности, а другие воды и некоторая грязь в 3 - 4 дня теряют ее совершенно. То же можно сказать и про минеральные соли, присылаемые в сухом виде для ванн - в них только тень той радиоактивности, какую они имели на месте рождения. Прежде это обстоятельство объяснялось тем, что при лечении минеральными водами дома никогда нельзя поддерживать такого строгого режима, какому подвергаются больные в специальных заведениях. Но оказывается, что режим здесь далеко не все, и это возражение имеет обратную сторону - дело в том, что к специальному режиму на местах нахождения минеральных вод прибавляется нечто такое, чего никакой режим сам по себе дать не может - радиоактивность горного воздуха. Она, в связи с радиоактивностью вод и ванн, которыми пациент пользуется, составляет то, чего лишены больные, выписывающие воды и грязи издали, куда они приходят лишенными своей радиоактивности - своей души.



Эта поразительная связь целебности минеральных вод с их радиоактивностью является для нас совершенно необъяснимой, точно так же, как пока необъяснимо и происхождение этой радиоактивности. Особенное внимание надо обратить на тот факт, что радиоактивность минеральных и ключевых вод с течением времени уменьшается и, наконец, исчезает - это показывает, что их радиоактивность не собственная, а приобретенная: мы знаем, что под влиянием лучей радия все тела становятся временно радиоактивными; если бы эти воды содержали в растворе сам радий, то их радиоактивность не уменьшалась бы, сколько бы мы их не хранили, а раз она уменьшается, мы можем только сказать, что в земле они находились **под влиянием лучей радия** и приобрели временную радиоактивность. Дело обстоит так, как будто внутри земли находятся массы радиоактивных веществ, сообщающих свои свойства всем водам и газам, вырывающимся из недр земных. Если науке удастся разрешить таинственную загадку действия радия на живой организм, то в этих скрытых радиоактивных массах человечество найдет неиссякаемый источник жизни, силы и здоровья.

\*) Газета "Сибирская жизнь", 9 января 1905 года.

## **УРАН, РАДИЙ И ТОРИЙ \*)** **URANIUM, RADIUM AND TORIUM** Шахов Ф.Н.

Шахов Феликс Николаевич (1894 - 1971) - профессор, член-корреспондент АН СССР. Окончил ТТИ (ТПУ) в 1922 году и до 1960 года работал в Томске. Исследователь недр Сибири. Специалист в области геохимии и геологии рудных месторождений. Крупнейший знаток месторождений редких и радиоактивных элементов. В 1954 году в Томском политехническом институте (университете) организовал подготовку специалистов в области урановой геологии. В 1956 году состоялся первый выпуск геологов - уранщиков на азиатской части страны. На сегодняшний день их подготовлено на кафедре 675 человек.

В 1960 году возглавляет отдел геохимии редких элементов в институте Геологии и Геофизики СО АН СССР, город Новосибирск.

.....Месторождения урановых руд в СССР известны и эксплуатируются пока лишь в Казахстане (Тюямун) и отчасти в Узбекской ССР (Табашарское). На Урале известны месторождения карнотитовых песчаников, являющихся месторождениями осадочного типа. Есть основания рассчитывать на открытие таких месторождений в Закавказье. Наконец, известный практический интерес в настоящее время имеют содержащие радий соляные рассолы (Ухтинские воды) на Севере Европейской части Союза. В пределах Западно-Сибирского края месторождения урана мало ис-

следованы и известны лишь в Минусинской котловине, где С. М. Курбатовым около с. Потехино было обнаружено карстового типа урано - ванадиевое месторождение. Последние исследования Г.С. Лабазина в пределах этого края устанавливают три типа радиоактивных минеральных образований:

- 1) пегматиты и аплиты;
- 2) вторичные месторождения карстового типа;
- 3) угольсодержащие породы осадочной толщи, обладающие слабой активностью.

Наибольшая радиоактивность выявлена у пегматитов щелочных сиенитов, с каковыми, вероятно, и связано образование вторичных карстового типа месторождений. Радиоактивным началом для всех видов месторождений является торий, содержание которого в отдельных образцах превышает в 26 - 42 раза содержание урана. По отзыву Г.С. Лабазина изученные им месторождения не могут иметь практического значения.

Примерно к таким же выводам пришла геолог А.А. Оносовская, исследовавшая в 1931-32 гг. на радиоактивные руды массивы щелочных сиенитов в районе горы Бесь. Ввиду особой сложности этого рода исследований, нельзя считать проведенные работы окончательно решающими вопрос о возможностях открытий в Хакасско-Минусинском районе промышленных месторождений радиоактивных руд. Поэтому в программах центральных научно-исследовательских организаций по этому району сохраняется тема геохимических исследований.

Месторождения тория в СССР представлены, главным образом, россыпями монацита (Забайкалье, Урал) и в меньшей части коренными месторождениями (ортитовые месторождения Слюдянки). В пределах Западно-Сибирского края до последнего времени месторождений тория не было известно, и только в 1931 г. геологом П.С. Сасимом в шлихах А.М.Ненахова обнаружен монацит в ряде ключей Чарышского района в Северном Алтае.

В 1933 году разведочной партией М.Н.Афанасьева (Союзредметгеоразведка) в системе р. Бащелак вскрыты монацитовые россыпи. Наиболее богатые пески обнаружены в долинах боковых притоков р.Бащелака. Особенно разведанной и серьезной по промышленному значению является россыпь кл. Кривого, левого притока р. Бащелак.

Обнаруженные россыпи, по-видимому, в большинстве случаев являются древними - террасовыми, хотя по ключу Кривому имеются и современные русловые россыпи.

Общие запасы (категория С), выявленные работами 1933 года, оцениваются М.Н. Афанасьевым в 638,6 т монацита, из которых 295 т приходится на россыпь кл. Кривого.

Среднее весовое содержание монацита в россыпи кл. Кривого изменчиво. При мощности пласта 3 м среднее содержание монацита лишь очень немного превышает 0,01 %, но, уменьшив рабочую мощность песков до 1,4 м, можно работать россыпь с содержанием 0,03 % монацита, сократив общие запасы монацита примерно на 25 %. Мощность торфов в этой россыпи в среднем оценивается в 9,2 м. Кроме монацита в шлихах из россыпей Бащелакского района в небольшом количестве встречались шеелит, золото и висмут. Содержание тория в монацитах достигает 5,25 %.

<sup>7)</sup> (Выдержка печатается по книге "Полезные ископаемые Западно-Сибирского края". - Новосибирск: изд-во ОГИЗ, 1934.- С.300 - 301.)

## **ОТКРЫТИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ И ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ПОЗНАНИЕ**

### **RADIOACTIVITY DISCOVERY AND HUMEN KNOWLEGE**

Чешев В.В.

Томская государственная строительная академия, Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2

История науки и практики XX века показала исключительное значение открытия радиоактивности. Однако современная общественная ситуация характеризуется весьма противоречивыми суждениями как о самом открытии, так и о практическом его применении, связанном с использованием ядерных технологий. Тем более актуальным является обращение к осмыслению и оценке всего комплекса событий в науке и практике, начавшихся в марте 1896 года в домашней лаборатории А. Беккереля.

Философско-гносеологическая оценка исследований А. Беккереля ведет к утверждению о закономерности открытия радиоактивности, безотносительно к факторам случайности, сопутствующим всякому творческому процессу. Проникновение человеческого познания в природные явления не сводится к теоретической и лабораторной практике ученого. В конечном счете оно предстает как процесс практический, в котором научные открытия могут быть представлены как опорные точки освоения природных сил.

Открытие радиоактивности точно также совершалось в тесной связи с практикой технологического освоения научных достижений. Решающий шаг, сделанный в научной лаборатории, был подготовлен интенсивным промышленным освоением электричества, стимулировавшим деятельность научных лабораторий, в которых

исследовалось явление газового разряда, были открыты катодные лучи и открыт электрон, начато проникновение человеческого познания и человеческой практики в область микромира. Нет никаких оснований сомневаться в том, что человечество было обречено на проникновение в микромир, на открытие радиоактивности как одного из путей исследования строения материи. С этим открытием и его практическими приложениями человечеству предстоит входить в новую фазу истории и конструктивное отношение к научному факту, столетие которого отмечается ныне, должно заключаться в оценке его теоретико-познавательных и социальных последствий в прошлом и будущем.

Судьба подобных открытий, способ их практического использования зависит не только от ученых и конструкторов, но и от всей общественной атмосферы, от того, какие ценности и какой путь развития выбирает себе человечество. В.И. Вернадский еще в начале века, т.е. задолго до первого практического применения ядерной энергии очень точно оценил значение обсуждаемого открытия, сказав о состоянии надежды и опасения, с которым мы всматриваемся в нового союзника и защитника. Ядерная энергия таит в себе огромные силы, которые могут быть как созидательными, так и разрушительными. Тем более необходимо обратиться к оценке последствий нашего проникновения в глубь материи в контексте ценностей, которые выбирает человечество сегодня.

Западная цивилизация, сложившаяся в последние два века на основе интенсивного технологического развития, обратила свои усилия на сугубо материальную сторону человеческой жизни, сосредоточив усилия на достижении максимальной материальной обеспеченности и комфорта. Этим были принижены действительно общечеловеческие ценности, выражающие себя в стремлении к деланию Добра. Погоня за материальным благополучием, организация производства, нацеленного на получение прибыли как основной мотив экономического поведения, закрепляемый массовой ориентацией на универсальные стандарты потребления, все это породило гигантское неравенство в глобальном масштабе, разделение народов на развитые и развивающиеся, к торжеству культуры примитивного гедонизма, силы и агрессии. Неудивительно, что именно западная цивилизация породила фашизм, как идеологию и практику превосходства одной части человечества над другой. Неудивительно также и то, что первое знакомство людей с энергией ядерного распада произошло через ядерную атаку, произведенную страной западного мира.

В настоящее время человечество переживает новый этап революционных изменений в технологиях и техническом развитии, который принято называть переходом к постиндустриальной стадии развития. Закрепление отношений и ценностей, сложившихся в западном мире в индустриальную эпоху, и распространение этих ценностей на весь земной шар может вести лишь к углублению сложившегося нера-

венства народов и торжеству грубой силы. Подобные условия оставляют мало возможностей для действительно гуманного использования выдающихся научных открытий.

Открытие и освоение явления радиоактивного распада принуждает человечество обратиться к самому себе и в новых условиях поставить традиционный вопрос о смысле человеческого существования. Русская культура и русская философия внесли свой важный вклад в человековедение, в размышление о будущем человечества, в частности, в размышления о перспективах техногенного развития человечества. В России сложилось то направление гуманитарной мысли, которое принято называть русским космизмом. Оно основывается на идее органического единства природного и человеческого бытия, на идее технологического прогресса не ради комфорта и бездумной траты жизни, но ради такого технологического развития, которое направляется высшими целями человеческого существования.

Современные антиядерные движения должны поставить вопрос о том, с чем должно бороться человечество: должно ли оно бороться с естественным ходом человеческой истории, который немислим без познания и практического освоения природы, или же оно должно бороться с собственными пороками, с теми социальными язвами, которые направляют новейшие научные открытия на эгоистическую защиту политических и экономических интересов отдельных социальных групп, кланов или даже государств? Опасения по поводу вовлечения в сферу человеческой практики ядерных процессов, должны преодолеваются не только высокими требованиями к технологической безопасности, но и высокими требованиями к моральной ответственности общества на всех уровнях его организации.

Проникновение в микромир так же драматично, как драматична сама жизнь, в которой человечество может навлечь на себя гибель и без использования ядерных процессов. Преодоление глобальной катастрофы, которую может принести торжество сил эгоизма и насилия, требует со стороны сообщества ученых усилий, направленных на консолидацию общества на основе действительно общечеловеческих ценностей созидания. В.С. Соловьев полагал, что "мировая задача состоит не в создании солидарности между каждым и всеми - она и так уже существует по природе вещей, а в полном сознании и затем духовном усвоении этой солидарности со стороны всех и каждого".

## **У ИСТОКОВ ИЗУЧЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИБИРИ.**

**AT THE SOURCES OF RESEARCH OF RADIOACTIVITY AND  
RADIOACTIVE ELEMENTS IN SIBERIA.**

Лозовский И.Т., Рихванов Л.П.

Томский политехнический университет

634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30 тел. 415-631, 418-910

В истории развития мировой и российской культуры 1896 год отмечен двумя событиями:

- открытие гражданином Франции Анри Антуаном Беккерелем явления радиоактивности;
- открытие первого на азиатских просторах России высшего учебного заведения технического профиля - Томского технологического Императора Николая II института (ТТИ).

Если первое событие дало человечеству надежду на получение новой энергии - энергии атома, которая, к сожалению, человеком была использована как оружие устрашения, как средство запугивания, то второе событие было предопределено тем, что передовые люди России, понимая роль Сибири, показали пример направления средств не на вооружение, а на развитие образования (в данном конкретном случае финансирование строительства ТТИ осуществлялось за счет сокращения военных расходов. Была вычеркнута строчка в бюджете России, предусматривающая постройку броненосца и вместо этого было заложено финансирование строительства института).

Много ли найдется в мировой истории подобных решений ?

После первого выступления Анри Беккереля (см. статью в данном сборнике) на собрании Французской Академии наук (24 февраля 1886г.), вызвавшего бурное обсуждение, последовала серия новых открытий ( М. и П. Кюри, Э. Резерфорд и др.), и по Земле пошел процесс исследования явления радиоактивности и распространенности радиоактивных элементов в природных средах (см. выдержку из работы М. Кюри в данном сборнике). Изучение этого вопроса шло во всех многообразных его проявлениях: влияние на ионизацию воздуха, проводимость, теплопроводность, биологическое и химическое воздействие и т.д.

В имеющихся обзорах из истории развития учения о радиоактивности (Gasparini Paolo, 1984, Зайцева, Фигуровской, 1961, Г.Н. Флеров, 1971 и др.), как правило, обсуждаются достижения ученых Европы и Европейской части России. Тогда как имеющиеся в Томске архивные материалы позволяют утверждать (Рихванов, Лозовский и др., 1991, Хахалкин, 1991), что и в азиатской части России,

особенно, центре сосредоточения научной мысли - городе Томске, исследования этого нового явления проводились не менее активно, чем в признанных столичных городах России.

Прежде всего, этому способствовало то, что первые сибирские ВУЗы (Томский государственный университет с его медицинским факультетом и Томский технологический институт) укомплектовывались научными кадрами Московского и Санкт-Петербургского университетов, имеющих прочные связи с научными кругами Европы.

Так, один из ректоров Томского государственного университета профессор Н.А. Гезехус, был выходцем Санкт-Петербургского технологического института и занимался изучением теплового действия лучей радия, и его работы по этому направлению обсуждались в научных кругах уже в 1903 году, т.е. непосредственно в тот год, когда это явление было обнаружено.

Выпускниками европейских ВУЗов России были и другие первые исследователи явления радиоактивности и радиоактивных элементов в Сибири (Орлов П.П., Титов В.С., Алексеев Д.В., Пилипенко П.П., Гудков П.П., Соболев М.Н., Обручев В.А.).

Хаос гражданской войны разметал и уничтожил многие архивные материалы тех лет, а что осталось незатронутым, частично или полностью было изъято из открытого пользования и помещено в спецхранилища (материалы П.П. Орлова), либо уничтожено в годы репрессий.

Сегодня эти материалы собираются по крупицам из различных разрозненных, несистематизированных источников, средств массовой информации. И то, что приводится в данных материалах, далеко неполный перечень исследователей ВУЗов "Сибирских Афин".

При описании этих исследований трудно сохранить строгую последовательность событий, так же, как трудно определить значимость тех или иных исследований. Все работы спрессованы практически в одно десятилетие (1904 - 1914 гг.) и взаимораскрывают, дополняют друг друга.

Наиболее полно и обстоятельно в российской научной исторической литературе освещена роль профессора медицинского факультета Томского Государственного университета Петра Павловича Орлова. Уже в 1904 году, прибыв в Томск, он начал подготовку к проведению исследований по радиоактивности. В письме от 26 декабря 1904 года академику В.И. Вернадскому он писал: "Медиков интересует сейчас особенно радий. Хлопочу об отпуске денег на покупку его препаратов и кой-каких приборчиков ... Надеемся с П.П. Пилипенко отыскать здесь урановые и ториевые минералы ..."

В 1907 году за счет личных средств он организует экспедиции в Енисейскую губернию (первая экспедиция Российской Академии наук была организована только в 1908 г.). В работах принимали участие студенты томских ВУЗов М.П. Орлов, Б.К. Шишкин. Были получены результаты по радиоактивности воздуха на руднике Юлия, минеральных вод оз. Шира, Доможаково и П.П. Орлов отметил довольно высокую активность ключей и колодцев г.Томска, р. Томи в зимнее время и т.д.

В октябре - ноябре 1909 года профессор П.П. Орлов выступает на 5 и 6 заседаниях Общества испытателей и врачей при Томском государственном университете с докладом "Радиоактивные вещества и их нахождение в природе".

Он отмечает находки радиоактивных минералов Алтая, доставленных П.П. Пилипенко (ученик В.И. Вернадского, который по его личной просьбе был в свое время принят В.А. Обручевым на работу младшим лаборантом кабинета минералогии ТТИ).

В 1912 году П.П. Орлов по просьбе директора ТТИ Н.И. Карташова исследует образец минерала, доставленный в ТТИ Восточно-Сибирским отделом Русского географического общества. Минерал оказался ортитом с весьма интересными свойствами, о которых было сообщено в материалах Географического общества в 1914 году.

В 1914 году им была показана высокая радиоактивность ключей по р. Ушайке (Заварзинские источники).

В 1915 году работа профессора Орлова П.П. "К вопросу о нахождении радиоактивных веществ в шлаках золотоносных областей России" была опубликована в виде отдельного 6 выпуска Трудов Радиевой экспедиции Императорской Академии наук. Данная работа представляет интерес своими практическими результатами и для исследователей радиоактивности Сибири сегодняшнего дня. У Орлова П.П. были тесные связи с ТТИ. В своем письме В.И. Вернадскому от 01.07.1913 г. он пишет: "Пользуясь знакомствами в технологическом институте, стараюсь пропагандировать изучение радиоактивных веществ...".

В 1917-1926 гг. профессор Орлов П.П. вел курс лекций на физико-математическом факультете ТГУ "Радиоактивные элементы, их свойства и нахождение в природе".

Из анализа сохранившихся материалов видно, что при исследовании радиоактивности и радиоактивных веществ в Сибири у П.П. Орлова были весьма тесные контакты с профессорами Технологического института Ефимовым А.И. (зав. кафедрой физики), Алексеевым Д.А. (химии), геологами и горняками Гудковым П.П., Лаврским А.В., Степановым Б.Л., Тове Л.Л. и др.

По-видимому, такой тесный контакт разнопрофильных специалистов, привлеченных П.П. Орловым, и позволил ему разработать фундаментальную научную



программу по изучению радиоактивности и радиоактивных веществ в Сибири, которая, по оценке ряда специалистов, была наиболее интересной (Портнов, 1975).

В Технологическом институте это направление исследований наиболее ярко представлял Вениамин Семенович Титов (лаборант кафедры физики, ученик профессора П.Н. Лебедева, будущий профессор МГУ). К изучению радиоактивности вод Белокурихи (Алтай) В.С. Титов, по-видимому, приступил в 1905г., т.к. в архивных документах есть его заявление от 25 мая 1905 года с просьбой командировать на Алтай (цель командировки не указана), и уже в марте 1908 года в прошении на имя директора института он пишет: "Летом 1907 года я имел случай провести благодаря выписанным физической лабораторией вверенного Вам института приборам Эльстера и Гейтеля наблюдения радиоактивности теплых минеральных источников деревни Белокуриха на Алтае. Эти наблюдения убедили меня в очень большой радиоактивности названных минеральных вод".

"... Кроме того, я убедился", - пишет В.С. Титов, - "в чрезвычайно большой, превосходящей, по-видимому, радиоактивность газа Нарзана, радиоактивности газа, выделяющегося из Белокурихинских источников."

На основании этой записки Совет технологического института в 1908 году командировал В.С. Титова и студента В.П. Маркова в экспедицию по детальному изучению радиоактивности вод и газовых терм деревни Белокуриха, выделив для этих целей 300 рублей (для ориентировки стоимость 1 коровы тогда составляла 10 рублей, в современном денежном эквиваленте эта сумма составляет приблизительно 30 млн. рублей).

В начале 1909 года с материалами по радиоактивности вод Белокурихи на XII съезде естествоиспытателей и врачей (Дневник №9, 1909-1910) были ознакомлены специалисты России.

В 1913 году в Томске по распоряжению директора технологического института издается книга В.С. Титова "Радиоактивная эманация в водах и газах терм деревни Белокуриха на Алтае".

Данная книга интересна специалистам и сейчас, т.к. позволяет наблюдать динамику изменения радиоактивности в водах и газах.

Историческим моментом в изучении явления радиоактивности и радиоактивных веществ в Сибири была встреча российских ученых с московским купцом П.П. Рябушинским. В личном архиве одного из основателей Томского политехнического университета знаменитого ученого, писателя и путешественника академика Владимира Афанасьевича Обручева хранятся интересные записки о его встрече с этим известным предпринимателем и спонсором науки. Встреча проходила у Рябушинского дома и носила неофициальный характер. Велись беседы с чаепитием.

Встреча происходила в четверг 14 ноября 1913 года на московской квартире Павла Павловича Рябушинского. На эту встречу были приглашены известные ученые В.И. Вернадский, В.А. Обручев, В.Д. Соколов и другие известные ученые. Всего ученых пришло 12 человек.

Рябушинский с интересом выслушал рассказы профессоров Вернадского, Шилова и других ученых о радиации, его значении для науки и человека и о будущем, которое его ожидает. Он, как коммерсант и деловой человек, весьма заинтересовался этим делом и задавал много вопросов. Прощаясь, сказал, что готов профинансировать поиски радия и радиоактивных элементов, но при соблюдении определенных условий теми, кто практически будет осуществлять эти поиски за счет его средств. Как деловой человек, он уже тогда думал, какие практические выгоды можно извлечь из разработки комплекса вопросов, связанных с поисками, добычей радия и применением его на практике.

После встречи П.П. Рябушинского с учеными были приняты меры по ускорению поисков радиоактивных элементов в России. За счет промышленников было организовано две комплексные экспедиции: в Среднюю Азию /в Фергану/ и в Забайкалье.

Независимо от этих экспедиций, поисками радия занялись и практические геологи, работавшие в Сибири. После встречи у купца П.П. Рябушинского в Москве Владимир Афанасьевич Обручев предпринял два шага по организации поисков радия в Сибири. Он направил через своего ученика, ставшего его преемником на кафедре в Томском технологическом институте, профессора П.П. Гудкова большую статью, которая вскоре была опубликована в томской газете "Сибирская жизнь" под названием "Ищите радий". В этой статье Обручев популярно изложил представления о радиации, какую службу он сослужит людям и призвал искать месторождения радия и радиоактивных элементов. Благодаря Гудкову, эта статья незамедлительно была опубликована в газете (см. выдержку из статьи в материалах данной конференции).

Получив письмо своего наставника, Гудков собрал всех работавших под его началом геологов, а также студентов горного отделения, проходивших практику в Сибири, прочел им лекцию о радиации и радиоактивных элементах и предложил попутно с исполнением основных работ по разведке месторождений руд заниматься еще и поисками радия. Однако результаты этих поисков были малоутешительны. Крупных месторождений тогда открыто не было.

Причинами этого было то, что никто практически ничего не знал о радиоактивности руд, не была разработана методика поисков этих руд.

Подробности о том, как в эти годы сибиряки искали радий, рассказывал одному из авторов статьи бывший студент горного отделения Томского техноло-

гического института, впоследствии знаменитый сибирский геолог профессор Николай Николаевич Урванцев.

Студент Урванцев, под руководством профессора Гудкова, работал в 1913-1917 гг. в Кузбассе на разведке месторождений железных руд. Для поиска радиоактивных руд приборов не существовало. Пользовались рекомендациями П.П. Гудкова.

Снаряженная на деньги П.П. Рябушинского специальная экспедиция занималась поисками радиоактивных элементов в Забайкалье летом и осенью 1914 года. Возглавил Забайкальский отдел Михаил Николаевич Соболев, экономист по образованию. Крупный ученый, он ряд лет проработал в Томском университете и в Томском технологическом институте. Он был в большой дружбе с профессором В.А. Обручевым, исследователем Забайкалья и Монголии Г.Н. Потаниным и многими другими учеными, занимавшимися исследованиями Сибири. Профессор М.Н. Соболев был опытным исследователем, хорошо знал местность и, возможно, именно поэтому, ему, не специалисту в области геологии, и поручили возглавить Забайкальский отдел Московской экспедиции, как официально была названа тогда эта группа исследователей. Профессор вынужден был заключить с П. П. Рябушинским договор. В соответствии с ним он не имел права во время работы собирать лично для себя коллекции, делать описания месторождений, передавать кому бы то ни было любые сведения по работе экспедиции. Все, что касалось экспедиции и ее работы, являлось личной собственностью Рябушинского, и только он один мог распоряжаться всеми материалами работы.

В работе Забайкальской экспедиции приняли участие многие видные ученые в области петрографии, минералогии, геологии. В числе сотрудников экспедиции, по рекомендации В.А. Обручева, был студент горного отделения Томского технологического института Николай Караханов. В конце 1914 года Соболев опубликовал краткое сообщение об итогах работы Забайкальской экспедиции. Ныне оно хранится в личном архиве А.А. Чернова в институте геохимии им. В.И. Вернадского.

Небезынтересно отметить, что при проведении работ по изучению радиоактивных веществ в Забайкалье, доктор И.А. Багашев (1910) отмечал высокую заболеваемость населения казачьих поселков, пользующихся в качестве источников питьевого водоснабжения водами из колодцев и ключей с высокой радиоактивностью (2,25-10,22 ед. Махе).

Весьма интересной для населения Томской губернии была статья Дмитрия Викторовича Алексева в газете "Сибирская жизнь" от 9 декабря 1905 года, в которой автор, сотрудник кафедры химии технологического института, рассказывал о свойствах радия и о его возможном значении для человека (см. выдержку из его статьи в этом сборнике).

Д.В. Алексеев опубликовал еще ряд статей по влиянию радиоактивности на живые организмы. По данным И.Т. Лозовского, он уже в 1904 году занимался изучением радиоактивности и радиоактивных веществ. Из газетных сообщений известно о его публичной лекции в г. Томске (газета "Сибирская жизнь" 6 февраля 1904г.).

К сожалению, его, а позднее и В.С. Титова, как неблагонадежных преподавателей, выслали из Томска и далее вопросами радиоактивности они не занимались.

Первая мировая, затем гражданская война, начавшиеся вскоре после того, как томские технологи приступили к поискам радиоактивных элементов, значительно осложнили работу в этом направлении. Многие геологи и студенты были призваны в армию. Затем в Сибири наступил хаос. Замерзли лаборатории. Исследования надолго были прерваны.

Сложной была судьба этих исследователей. Так, геолог П.П. Гудков, возглавивший на недолгое время, по просьбе В.А. Обручева, работы в Сибири по поискам радия, был вынужден в 1919 году уехать из Томска во Владивосток, а два года спустя оттуда он уехал в США и там остался. В Америке он работал до самой кончины. В 1955 году П.П. Гудков скончался академиком, главным консультантом США и Мексики по нефти, членом многих научных обществ зарубежных стран. Он скончался крупнейшим геологом мира, знаменитым американским ученым, но всегда оставался при этом истинным русским человеком. Об этом весьма убедительно свидетельствуют его многочисленные письма из США, которые сохранились до наших дней.

Только неблагоприятные обстоятельства помешали томским политехникам в начале века успешно работать в области радия и радиоактивных элементов.

В этот период предвоенного и предреволюционного состояния научной общественностью практически незамеченной осталась командировка В.И. Вернадского в 1914 году в Томскую (командировочное удостоверение сохранилось) и Иркутскую губернии, а также поездка Марии Кюри-Склодовской в Красноярск.

Как отмечает А.А. Хахалкин (1991), В.И. Вернадский посетил Сибирь в июле 1914. Он работал в Забайкалье. В своих воспоминаниях он пишет: "...Весь план работы мы выполнили, но признаюсь, было временами довольно трудно вести работу среди мобилизации и тревоги...".

Интерес к радиевым рудам в Сибири, по-видимому, был неслучаен. А.А. Хахалкин (1991) высказывает мысль, что это связано с высокой ценой на радий в мире, а также то, что в 1913 году правительства Австро-Венгрии и Германии (главные поставщики сырья для радия) наложили запрет на вывоз радиоактивных руд из своих стран, объявив их государственной собственностью.

Из сообщений печати было известно, что районы Сибири весьма интересны для выявления руд, содержащих радий. Так, только в 1914 году в журнале "Горные и

золотопромышленные известия” было опубликовано свыше 30 материалов по данному вопросу (Хахалкин, 1991), в том числе такие, как:

- “О необходимости широкого общественного почину в деле поисков и исследования радиоактивных руд России”. (В.М.Борейша -№7, 1914. -С.135-144);
- “Радий в Сибири” - №2,1914.-С.36;
- “Урановая руда на Байкале” - №12,1914.-С.257.

Именно в последней работе сообщалось “...о выезде экспедиции во главе с Кюри на Байкал для разведки урановых руд ...”.

Эта заметка используется В.А. Обручевым при составлении книги “Библиография Бурят-Монголии (1890-1936)”, на которую ссылаются советские историографы науки при обсуждении вопроса о практически незамеченном в научном мире факте пребывания дважды лауреата Нобелевской премии, выдающегося исследователя радиоактивности и радиоактивных элементов Марии Кюри в Сибири (Старосельская-Никитина, 1963).

О ее пребывании в г. Красноярске пишет в своих воспоминаниях в адрес ЦК КПСС в 1956 году старый большевик, персональный пенсионер Иван Григорьевич Прохоров, фамилия которого упоминается в геологическом отчете Старкова В.П. за 1936 год (указание на этот факт авторам сделано д.г.-м.н В.П. Ковалевым), который пишет: “...И.Г. Прохоров в 1914 году доставил в Красноярск Склодовской-Кюри образцы пород высокой радиоактивности...”.

Об этом же человеке пишет в 1940 году в своей статье К.С. Филатов: “...в 1914 году норвежец инженер Ганс, по указанию И.Г. Прохорова исследовал на радиоактивность пегматиты щелочных сиенитов г. Беси-Детловской...”.

Кто же этот человек И.Г. Прохоров (у А.А. Хахалкина ошибочно указан И.Г. Прокопьев).

Ивана Григорьевича Прохорова (1887-1963), крестьянина Казанско-Богородской деревни Кнышинской волости Минусинского уезда можно назвать первым разведчиком и добытчиком урановых руд Сибири. В своих воспоминаниях он пишет: “...мною с товарищами весною 1914 года ввиду богатых наших находок ... была организована первая в Сибири трудовая горнопоисковая артель...”. Действительно, устав такой артели был утвержден губернатором и опубликован, как тогда это было принято, в газете. Свои находки руд они сдавали в горноразведочную контору “Разведчик”, специально организованную промышленниками и купцами для работы с местным населением (по-видимому, инженер Ганс, о котором пишет К.С. Филатов, был сотрудником этой конторы).

Вот как пишет крестьянин, председатель артели И.Г. Прохоров о своей встрече с Марией Кюри-Склодовской на Сибирской земле: “ В один из приездов в 1914 г. в Красноярск ... я неожиданно познакомился с очень простой и, прямо можно

сказать, душевно-внимательной к простым людям женщиной. Вокруг нее все в конторе "Разведчик" ходили на цыпочках. Мне сказали многозначительно и даже внушительно: "Это- великая ученая. Ее знает весь мир, так как она открыла радий. Она посмотрит ваши образцы и даст им оценку. Выше этой оценки ничего уже не может быть!".

Забрав у меня камни, инженеры конторы "Разведчик" хотели меня удалить из зала, где у столика, заваленного образцами Минусинского уезда, сидела внимательно рассматривавшая и замерявшая их на своем электроскопе Мария Кюри. Я был в таежной одежде, болотных сапогах, издававших резкий неприятный запах, и понимал, что, конечно, нарушаю обстановку торжественного приема такой действительно великой ученой.

Мария Кюри, хорошо понимавшая и говорившая по-русски, заметив, что меня выпроваживают из зала, очень благородно и в то же время очень настойчиво запротестовала, требуя, чтобы я обязательно остался в комнате и обязательно лично прослушал ее мнение об образцах, найденных нашей Казанско-Богородской артелью, а также и ее лекцию о радиии и о будущем радиоактивных минералов. Эту лекцию, как я потом понял, она согласилась прочесть в узком кругу для инженеров, химиков и других лиц города Красноярска, приглашенных на эту лекцию конторой "Разведчик".

Минусинский уезд Енисейской губернии Мария Кюри, рассмотрев все образцы, собранные с территории этого уезда конторой "Разведчик", назвала в 1914 г. "мозгом высоко радиоактивных тел", скрывающимся под древним теменем Азии, как эту территорию Сибири до революции называли все геологи...

Далее Мария Кюри сказала, что этому горному району Сибири предстоит великое будущее в смысле добычи здесь со временем драгоценного радия и других, пока еще неизвестных человечеству радиоактивных элементов, ясно здесь улавливаемых по образцам, ею просмотренным. Было сказано Марией Кюри в лекции и то, что тяжелобольные люди и наука с этим районом... могут отныне связывать свои самые светлые надежды...

Восточную Сибирь в районе Кругобайкальской железной дороги и город Красноярск она посетила исключительно из-за большого научного интереса, который у нее вызвали образцы урановых минералов из этих районов, посылавшиеся ей в Париж, как соотечественнице, разными сибирскими краеведами и естествоиспытателями природы из местного учительства, из числа политических ссыльных студентов и просто крестьян.

Лично и я, как председатель Казанско-Богородской поисковой артели, прослушав лекцию Марии Кюри и получив от нее на память ее труды, напечатанные в то время и по-русски, а также ее парижский адрес для переписки и сердечное поже-

ание не бояться трудностей и овладевать наукой, которая должна принести счастье и долголетие человечеству, в знак великой благодарности отправил великой ученой в Париж тоже самые лучшие образцы, какие только находила наша артель в Тяньшанских горах”.

Об этой встрече в очерке “Встреча с Марией Кюри” (газета “Заветы Ильича”, № 11, “Тубинские вести” от 11.08.1977 г.) пишет со слов И.Г. Прохорова его друг и соратник Филипп Пименович Зырянов. Будучи в германском плену в 1916 году, И.Г. Прохоров вел переписку с М. Кюри. О пребывании М. Кюри в Восточной Сибири имеется указание в работе Г.А. Нандельштедта (1961), лично знавшего эту великую женщину.

Воистину: мир тесен, а планета Земля такая маленькая, что позволяет пережить судьбам сибирского исследователя-самоучки и великого ученого, но в то же время историческая память коротка до того, что на протяжении одного века позволила забыть это событие.

В 20-х годах исследования по изучению радиоактивности в Сибири начинают возрождаться. К этому периоду относятся работы П.П. Орлова и М.П. Орловой по радиоактивности минеральных вод; Г.С. Лабазина, С.М. Курбатова, Ю.А. Билибина, изучавших отдельные месторождения или районы развития радиоактивности в некоторых геологических формациях. Естественно, что в большинстве случаев эти работы имеют описательный характер, но в некоторых из них уже проявляются черты, близкие к современным методам радиогеохимических исследований. Так, в работе Г.С. Лабазина (1925, 1930) приводятся микрорадиографии, характеризующие распределение радиоактивных веществ в породах ряда объектов, определяется природа радиоактивности изучаемых образований, величина торий-уранового отношения.

В предвоенные годы, которые характеризуются расширением геологоразведочных работ в Сибири, участки проявления радиоактивных руд также подвергались более углубленному изучению, проводившемуся А.А. Оносовской, М.Н. Афанасьевым, П.С. Сасим, В.П. Старковым, К.С. Филатовым и др. Итоги этих работ отражены в трудах Ф.Н. Шахова (см. выдержку из статьи в данном сборнике). Следует отметить, что В.К. Монич (1938), в частности, указал на возможность выявления в Сибири руд, аналогичных так называемой “пятиэлементной формации” Рудных Гор в Западной Европе.

В эти же годы Сибирские геологи провели достаточно детальные исследования гелия, являющегося продуктом распада радиоактивных веществ (Шалыгин, 1928). Весьма интересное исследование радиогеохимических особенностей скарнов Забайкалья выполнено Б.А. Габрусевичем и П.В. Метелкиным (1936), которыми

впервые в СССР (а возможно, и в мире) охарактеризованы уровни накопления урана, тория и радия в минералах.

Начиная с середины 40-х годов, исследования радиоактивности приобрели закрытый характер в связи с использованием этого явления в военных целях.

Но это уже новый виток исторического развития и он требует своего исследователя, и информация об этом интересном времени уже появилась (Круглов А.К., Синеев В.М. и др.).

Авторы статьи выражают признательность за помощь в поисках материала работникам архива ТПУ, Государственного Архива Томской области, редакции газеты "Тубинские Вести", а также Ф.П. Зырянову (пос. Курагино, Красноярского края) и А.А. Хахалкину (г. Томск).

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЦИКЛЫ. ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА**

### **ALTERNATIVE NUCLEAR FUEL CYCLES, THE PROBLEMS OF CHOICE**

Федосов Ю.Г.

660033, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, Ленина, 53,

тел. (391-97) 2-89-60, факс (391-2) 32-03-74

Развитие атомной энергетики в более чем 30 странах мира потребовало решения важной технико-экономической и экологической задачи - обращения с отработавшим ядерным топливом /ОЯТ/.

Достаточно сказать, что к настоящему времени из атомных реакторов в мире выгружено более 100 тыс. тонн топлива, к 2000 году эта цифра удвоится, а к 2010 году утроится.

Большинство стран Европы, а также Япония избрали вариант с переработкой ОЯТ с последующим рекциклированием невыгоревшего топлива /замкнутый топливный цикл/. Другие же страны /США, Канада/ выбрали для себя вариант разового использования топлива с непосредственным захоронением ОЯТ без переработки - открытый топливный цикл.

Выбор пути утилизации ОЯТ для каждой конкретной страны зависит от ряда факторов, позволяющих принять оптимальное решение. К ним относятся экологические, экономические, технические, физические аспекты. Во внимание должны быть приняты и правовые факторы /международные правила, национальные законы; договора о нераспространении, о разоружении и т.п./.



## ИМЕЕТ ЛИ БУДУЩЕЕ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ? HAVE THE FUTURE OF THE NUCLEAR ENERGY ?

Летов В.Н.

Общественное движение "Экологическая инициатива", Россия, г. Томск,  
тел. 75-28-67. E-mail Letov@postbox.tomsk.SU.

Ровно сто лет назад случайность позволила А. Беккерелю открыть явление естественной радиоактивности. С начала XX-го столетия нарастали стремительно открытия в этой новой области физики, получившей позже название ядерной. Имена выдающихся ученых, открытия которых лежат в основе создания ядерных технологий и ядерного оружия, достаточно известны. Эти технологии, благодаря которым удалось высвободить внутриатомную энергию в процессе цепной ядерной реакции и технологические решения в этом направлении были, действительно, торжеством человеческого разума. Манящий мираж грядущего всемогущества человечества, особенно патетически звучащий в статьях В.И. Вернадского, двигал изобретательность ученых, но более того - военное преимущество, связанное с созданием ядерного оружия. Но это могущество оказалось достаточно призрачным, а цена достижений - разорительной.

Я намерен несколько уйти в сторону от предмета изложения. И предложить посмотреть на предмет в несколько ином ракурсе. Человечество не впервые открывает то, что хорошо известно в мастерской Господа Бога. Вспомним теорию первичного взрыва А. Фридман, в соответствии с которой на начальном этапе формирования материи существовали лишь легкие элементы. В последующем происходило усложнение структуры ядер элементов в сторону увеличения их массы и обогащения материи всем тем многообразием изотопов, о котором мы знаем в настоящее время. Но во время формирования материи, несколько миллиардов лет тому назад физические условия напрочь исключали биологические формы жизни. Только спустя еще несколько миллиардов лет, когда сформировались планеты и уровень радиации оказался низким, возникли, надо полагать, условия для развития биологических форм существования материи - при достаточно узких рамках физических условий температуры, давления и качественного состава газовой среды, влажности и уровня радиационного фона/. При этом следует признать, что радиационный фон на Земле в историческом аспекте снижается и его реальное повышение в нынешнем столетии обусловлено только развитием ядерных технологий и ядерными испытаниями, равно как и ядерными авариями или Чернобыльской катастрофой.

Поэтому можно признать, что развитие ядерных технологий, как фантастическая машина времени, перенесла условия жизни на Земле к тем ранним этапам развития материи, когда радиационный уровень среды исключал развитие био-

логических форм жизни. Другими словами, ядерная физика оставляет не много альтернатив для сохранения жизни на Земле - либо дальнейшее развитие ядерных технологий и бесконтрольное загрязнение планеты радиоактивными изотопами или полный отказ от этого экологически и экономически губительного пути технического прогресса.

С таким решительным мнением многие, и, прежде всего - физики, не согласятся. Поэтому целесообразно рассмотреть аксиомы, которые были положены ядерщиками в создание атомной энергетики: экономически выгодная, экологически безопасная, технологически самая передовая, безопасная.

Ядерная физика, прежде всего, в реальных условиях нашего столетия не ставила ядерную энергетику на приоритетное место. Вторая мировая война и вслед за ней "холодная" преследовали главную цель - создание абсолютного оружия. И все самые выдающиеся "ядерные" умы планеты были призваны решить именно эту проблему. При ее решении была разработана уникальная технология двойного назначения: самообеспечение энергией процесса создания атомной бомбы и обогащения урана и плутония. Запад был достаточно богат, чтобы не обращать внимание на стоимость создания этого оружия, а Восток, т.е. СССР, создавал его, не считаясь ни с какими людскими и материальными затратами. О стоимости электроэнергии с АЭС никто не задумывался, так как основной целью было обеспечение военного превосходства. О решении проблемы ядерных отходов едва ли кто всерьез задумывался.

Но вот расчеты, проведенные А. Макаровым / Научный Совет по проблемам энергетики/ показали, что 1 кВт/час электроэнергии с АЭС стоит 5,3 цента, с реконструируемых ТЭЦ - 4,3 - 4,8 цента, а с парогазовых установок - 3,0 - 3,2 цента. В 1994 году стоимость одного кВт/час электроэнергии на Смоленской АЭС достигала 35 центов. Причем, это считают самым дешевым киловаттом на российских АЭС! Если исходить из того, что в различных странах мира действуют 421- 422 энергоблока, то, как следует из данных акад. А. Яблокова, в течение последних 15 лет они произвели 21-22 триллиона Ки на момент выемки ОЯТ. Из примерно 300 радиоактивных изотопов, образующихся в ТВЭЛах, 30 являются газообразными. Так, например, реактор типа ВВЭР образует в год 40 тыс. Ки, а РБМК - 400 тыс. Ки радиоактивных газов. На каждой из действующих в России АЭС в процессе эксплуатации образуются жидкие РАО: на РБМК - 100 тыс. м<sup>3</sup> /год, на ВВЭР - 40 тыс. м<sup>3</sup> /год.

Для сравнения следует привести еще несколько цифр. Полная загрузка реактора ВВЭР-440 составляет около 30 тонн урана, а суммарная радиоактивность топлива с 3%-ным обогащением по урану-235 составляет  $6 \cdot 10^{11}$  Бк /16 Ки/. Через 1 год эксплуатации радиоактивность возрастает в 100 миллионов раз / Гаврилин Ю.И., Горбатенко С.А. и др., 1993/.

Но это только одна сторона работы АЭС - почти сравнимая с процессами, происходящими в космосе. Только вот продукты этой деятельности остаются на Земле. При этом не надо забывать, что ряд радионуклидов включаются в обменные процессы, в наследственные структуры ДНК и хромосом /  $C^{14}$ ,  $H^3$ ,  $I^{131}$  и ряд других/. Включаясь в пищевые цепи, радионуклиды могут создавать чрезвычайно высокие концентрации в различных тканях и органах человека.

По-видимому, картина была бы более полной, если бы нам удалось учесть все ОЯТ и РАО, образуемые 12 военно-промышленными реакторами, сотнями реакторов атомных подводных лодок и еще сотней исследовательских реакторов.

Едва ли можно забыть последствия Чернобыльской катастрофы, в результате которой по  $Cs^{137}$  было выброшено в окружающую среду радиоактивности, эквивалентной 1000 хиросимским бомбам.

В результате чернобыльской катастрофы в России, Украине и Белоруссии по уровню загрязненности  $Cs^{137}$  / 1 Ки/км<sup>2</sup> / охвачено 57,4 тыс. км<sup>2</sup> территории.

Тесно связана с образованием РАО в результате деятельности АЭС усиленно обсуждаемая тема: каким путем пойдет развитие ядерной энергетики - будет ли это замкнутый или разорванный топливный цикл. То есть, будут ли подвергаться переработке ОЯТ из реакторов после выгорания ТВЭЛов с последующим огромным образованием РАО, или ОЯТ будут отправляться в специальные хранилища. По немецким данным / Hibbs, 1995/ разорванный топливный цикл сохраняет германским АЭС 1280 долларов/кг урана. Хранение ОЯТ на 57% дешевле стоимости его переработки /Mac Lachlan, 1995/. Переработка 1 тонны РАО на радиохимических предприятиях Западной Европы достигает 3000 долларов/тонну. К слову, стремление наших атомщиков к сохранению допотопной "грязной" технологии переработки ОЯТ замкнутого топливного цикла приводит к тому, что российские радиохимические предприятия получают от западных фирм за ту же работу 800 долларов/тонну. При такой переработке 1 тонна ОЯТ образует 4,5 тонны высокоактивных РАО, 150 тонн - среднеактивных РАО и 2000 тонн низкоактивных РАО, которые остаются в России.

По оценкам экспертов, общий объем ОЯТ в России достигает 15 тыс. тонн /Меньшиков В., Якимец В., 1995/. Ясно, что договоры на прием в Россию из других стран ОЯТ должны быть прекращены.

Нельзя не коснуться еще одной проблемы, рожденной гонкой ядерных вооружений, но тесно связанных с безопасностью населения и охраной окружающей среды. Эта проблема - плутоний, элемент, полученный человеком в атомном реакторе и, очевидно, пригодный только в виде ядерного оружия. Один из его изотопов - плутоний-239 имеет период полураспада 24 тыс. лет. Этот химический элемент отличается высокой токсичностью и канцерогенностью. Как ядерное топливо, по мнению специалистов из "Рэнд корпорэйшн", плутоний не найдет своего применения

еще 50-100 лет. Японцы, затратив 6 млрд. долларов в течение 10 лет, создали плутониевый реактор "МОНДЗЮ", но 12 декабря 1995г. на нем произошла авария с утратой 3 тонн жидкого натриевого теплоносителя. Только чудом реактор не взорвался и одна тонна плутония из активной зоны не была распылена над Японией: в этом случае надо было бы искать другие острова для проживания японцев.

Нетрудно предсказать, чем могут закончиться усилия наших атомщиков по созданию реактора на смеси урана и плутония. Его судьба может быть мало отличной от японского.

Хранение плутония в настоящее время стало головной болью во всех странах, обладающих ядерным оружием. Стоимость его хранения составляет от 1 до 5 долларов за 1г/год. Если считать, что в России имеется порядка 160 тонн плутония в ядерных боезарядах или расснаряженных, то его хранение требует затрат от 160 до 800 млн. долларов за год. По данным литературы, строительство хранилища для плутония требует 1 млрд. долларов. Конечно, это было бы экономически целесообразным для любого радиохимического предприятия, снимая ряд экономических проблем. Как известно, благодаря общественным протестам, проект строительства такого хранилища на территории СХК пока не осуществился. По данным А.В. Яблокова /1995/, у физиков-атомщиков имеются расчеты, из которых следует, что если атомная энергетика перейдет на реакторы-бридеры, то к 2050 году в атмосферу может быть выброшено до 36 тонн плутония.

Кажется, достаточно освещены вопросы так называемого "преимущества" атомной энергетике. Не может быть другого мнения, кроме одного - этому пути "технического прогресса", за который нас предлагают приносить жертвы, не может быть будущего на планете во имя жизни.

Объем настоящего сообщения не дает возможности обсудить медицинские последствия загрязнения РАО окружающей среды, последствия Чернобыльской катастрофы, эффекты малых доз облучения.

В заключении необходимо указать еще на одно немаловажное обстоятельство: биологическая жизнь на планете Земля может существовать в достаточно узких рамках физических условий: атмосферного давления, температуры, влажности, состава атмосферы, радиационного фона, гравитации, температуры тела. В то же время в соответствии с принятым Думой РФ законе от 5/12/95г. " О радиационной безопасности населения" нормативы облучения на территории РФ населения в результате использования ионизирующего излучения составляют 0,001 Зв/год, для работающих с излучениями - 0,02 Зв/год. Причем, эти нормативы предполагается ввести в практику с 2000 года. Естественный радиационный фон на Земле колеблется в достаточно широких границах и зависит от геологического места его измерения, но в основном его величина составляет 380 мбэр /0,038 Зв/.Книжников

В 1992/. Почему-то с позиций нашей официальной науки увеличение фона на 50 или 500% не представляет опасности для здоровья населения или профессиональных работников предприятий атомного ведомства. Но что произойдет на Земле с животным миром при увеличении или уменьшении физических параметров на  $\pm 50\%$ , мы все хорошо знаем: жизнь станет невозможной.

Атомная энергетика, как можно видеть, породила проблемы, решением которых должны заниматься не только следующие два-три поколения землян, но десятки поколений. Это не только аморально, это - преступно. Этот вид получения энергии, тем более, что ее вклад в суммарное количество электроэнергии планеты достигает 50%, должен быть заменен альтернативными источниками. И чем быстрее, тем лучше.

## **ДЕЛЯЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ (НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОЦИАЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ХОЛОДНОЙ ВОЙНЫ)**

**F SSILE MATERIALS AND NON GOVERNMENT ORGANIZATION (SOME ASPECTS OF SOCIAL CONSEQUENCE THE COLD WAR)**

Коняшкин В.А.

Общественное движение "Экологическая инициатива", 634049, Россия,  
г.Томск, тел. 755866, e-mail: vak@ecoini.tomsk.ru

На создание ядерного оружия затрачено столько средств и энергии, что хватило бы решить любую проблему общепланетного масштаба. Вместо этого человечество загрязнило огромным количеством радиоактивных отходов почву, воду и воздух. Накоплено более 400 тонн плутония, способного десятикратно уничтожить всю биосферу. Хранение плутония обходится безумно дорого и продолжает отнимать энергию и средства, необходимые для решения других жизненно важных задач.

Деятельность неправительственных организаций (NGO), занимающихся ядерными проблемами, начинается с 1945 года, после бомбардировки Хиросимы и Нагасаки. До этого общественность почти ничего не знала о радиации и ее последствиях, отчасти потому, что без специальной подготовки эти проблемы трудны для понимания, а в большей степени потому, что работы и исследования, связанные с созданием ядерного оружия, находилось под завесой секретности.

Во время холодной войны противоборствующие стороны наращивали ядерные арсеналы и тщательно скрывали информацию от разведок противника. Условия для развития антиядерных NGO были явно недостаточны. Тем не менее, в мире развернулось движение за создание безъядерных зон и запрещение ядерного ору-

жия. Большую известность в это время приобретают движения **“Врачи за предотвращение ядерной войны”**, **“Greenpeace”** и др. В 1978 году в Амстердаме активистами за безопасную энергию учреждена **“Всемирная Информационная Служба по проблемам Энергии” (WISE)**, действующая в качестве международного связующего звена для местных и национальных групп, выступающих за безопасную энергию. WISE издает бюллетень в 11 странах таких, как Финляндия, Дания, Швеция, Япония, Франция, Аргентина, Австралия и т.д.

Следствием этой деятельности было заключение межправительственных договоров и соглашений, таких как: **“Договор о нераспространении ядерного оружия”**, **“Обязательство о неприменении первым ядерного оружия в военных конфликтах”**, **Договоры ОСВ-1 и ОСВ-2**, **“Мораторий на испытание ядерного оружия и т.п.”**.

В восьмидесятых годах началось разоружение и сокращение производства ядерных материалов. Как в СССР, так и за рубежом была частично рассекречена информация о последствиях производства и испытания ядерного оружия. Обнародованы материалы аварии 1957 года на комбинате **“Маяк”** и других радиационных аварий. Значительную роль в этом сыграла Чернобыльская трагедия, побудившая население требовать объективную информацию о радиоактивном загрязнении и влиянии его на здоровье. Был создан **Союз “Чернобыль”**, содействующий ликвидации последствий радиационных катастроф. Развитию NGO в России способствовали демократические процессы, законодательно обеспечившие возможность создавать общественные объединения и публиковать в печати информацию, доступную прежде лишь узкому кругу специалистов.

Наступает период подъема активности антиядерных движений. В каждом регионе бывшего СССР, где находятся: **ядерные промышленные комплексы** (Челябинск, Томск, Красноярск, Новосибирск, Чита), **исследовательские центры** (Москва, Димитровград, Нижний Новгород), **полигоны испытания ядерного оружия** (Семипалатинск, Архангельск), **базы подводных лодок и судов с атомными двигателями** (Мурманск, Северодвинск, Владивосток), **места интенсивного проведения ядерных взрывов в мирных целях** (Саха-Якутия, Татарстан, Башкирия) **атомные станции** (Ленинград, Киев, Ереван, Калининград, и т.д.) возникают общественные организации: группы, объединения, движения.

Современные АЭС - модернизированные оружейные реакторы, поэтому антиядерные движения против строительства атомных станций сегодня. Ядерная энергетика станет необходимой, если будет создан относительно дешевый и безопасный реактор и решена проблема утилизации и хранения отходов.

Несмотря на то, что процесс образования общественных организаций носил стихийный характер, их **цели** (обеспечение безопасных условий проживания в зонах воздействия ядерных объектов), **задачи** (ограничение ведомственной монополии на

распоряжение информацией о радиоактивном загрязнении, участие общественности в контроле за деятельностью ядерных объектов), **методы и формы воздействия** (информирование населения, давление на политиков и официальные структуры, взаимодействие с учеными), уже на начальном этапе имели много общего. После того, как был создан **Социально-Экологический Союз (СоЭС)**, его координаторы провели большую работу по объединению российских групп и их взаимодействию с зарубежными NGO. К этому времени во всех странах, имеющих ядерное оружие или атомные станции, сформировались мощные антиядерные движения. Возникли новые международные объединения, такие как **“Невада - Семипалатинск”** и др.

В том, что Российская общественность стала активным участником международного антиядерного движения, большую роль сыграли: **СоЭС**, международный институт **ISAR, Center for Citizen Initiatives-USA**, общество **MilieuKontakt Oost-Europa** (Нидерланды), **Institute for Energy and Environmental Research** (США), движение **Heart of Amerika Northwest** (США). Финансовую поддержку Российским и зарубежным NGO оказывают неправительственные благотворительные фонды США и Европы.

Весьма непросто описать деятельность общественных движений и формы их работы. Только перечисление национальных и международных конференций, семинаров, учебных сборов, взаимных визитов по обмену опытом, состоявшихся по инициативе или с участием NGO с 1991 по 1995 год, займет недопустимо много места и времени. Группы обмениваются информацией по компьютерным сетям, издают газеты, бюллетени, брошюры. Созданы независимые центры, которые проводят общественные экспертизы, работы по мониторингу загрязненных территорий. NGO активно взаимодействуют с учеными, органами власти и управления, надзорными и контролирующими органами. Взаимодействие бывает весьма плодотворным, NGO подменяют официальные структуры, а становятся посредником между ними и населением.

Заслуживает внимания опыт движения **“Сердце Америки”**, которому удалось создать уникальный общественный **“Комитет по Хэнфорду”**. Комитет имеет высокий авторитет в Конгрессе и Департаменте энергетики США, он стал реальной силой, контролирующей деятельность одного из крупнейших комплексов, производящих ядерное оружие. Значительных успехов добились движения в Саванна Ривер и индейской резервации в штате Айдахо.

Все больший вес приобретает международное движение **“За уничтожение ядерного оружия к 2000 году”**, которым разрабатывается предложение, сделанное в январе этого года по **программе “Очистка земли от ядерного оружия”**.

Таким образом, за короткий срок общественные движения совершили переход от митинговых форм волеизъявления к планомерной работе на качественно новом и более высоком уровне организации и профессионализма. Но эта работа осуществляется в очень сложной обстановке.

Ведомства и компании, занимающиеся производством и использованием ядерных материалов, до сих пор пользуются практически неограниченной поддержкой государственных органов, что позволяет им лоббировать в своих интересах подготовку и принятие решений. Обладая большими финансовыми возможностями ведут агитационную работу, используя средства массовой информации, дискредитируют наиболее известных активистов NGO, срывают мероприятия и акции общественных объединений. Эти методы характерны как для российских, так и для зарубежных атомщиков.

В последнее время атомщики начали создавать свои общественные объединения. Так, например, Сибирский химический комбинат создал **общественное объединение "Орбита"**. По инициативе Минатома создано **международное Ядерное общество**. Есть национальные ядерные общества и в других странах. Задача этих обществ - пропаганда ядерной энергетики.

Можно определенно сказать, что ядерное оружие, отжив свой век, уходит в историю. Процесс этот очень болезненный и сложный, он затрагивает не только экологические интересы населения, но и материальные интересы людей, бывших не так давно привилегированной частью общества, а теперь теряющих работу и достаток. Но процесс этот объективен и необходим всем. Слишком дороги и опасны ядерные забавы.

## ЛИТЕРАТУРА

Общественное экологическое движение России: Справочное пособие под редакцией А.К. Смирнова - М.: Экология, 1995.

Взаимоотношения между экологическими неправительственными организациями и Правительством: Материалы Российско-Голландской конференции, Москва, 1992.

Переработка ядерного топлива, хранение и использование энергетического и оружейного плутония: Материалы международного семинара, Москва, 1993.

Булатов В.И. 200 ядерных полигонов СССР: ЦЭРИС, Новосибирск, 1993.

После холодной войны: разоружение, конверсия и безопасность: Материалы конференции. Красноярск, 1995.

НИМБ Периодическое издание Центрального правления Ядерного общества. Москва, 1994-1995.



International Symposium on Weapons-Usable Fissile Materials: New York City,

New York January 20-21, 1995.

WISE news communique 1994-1996.

Science for Democratic Action an IEER publication 1994-1995.

## ОБЩЕСТВЕННОЕ МНЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ О ФАКТОРАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

PUBLIC OPINION ABOUT FACTORS OF ECOLOGICAL RISK IN TOMSK REGION

Гурьева Л.С.

Центр независимых социологических исследований Томского государственного  
университета, 634034, Россия, г. Томск, Котовского 14, кв.49, тел. 44-85-85, 410-125;  
факс (3822) 22-61-62, E-mail victor@nich.tsu.tomsk.su

Общим теоретическим контекстом социологических исследований проблем  
устойчивого развития является инвайронментальная теория, новая междисципли-  
нарная отрасль, изучающая проблемы здоровья, гигиены, уровня жизни, солидар-  
ности людей, экологической политики и этики. Естественно возникает вопрос: каков  
клад социальных наук в анализ и решение инвайронментальных проблем. До на-  
стоящего времени вопрос идентификации теории инвайронментализма и инвайрон-  
ментальной социологии остается открытым. Первую можно рассматривать скорее  
как общетеоретическую основу развития инвайронментальной социологии, как но-  
вую систему мышления, которая, будучи интегрирована в политику, позволяет  
смягчить экологические трудности и оказывает позитивное влияние на человека в  
целом.

Ключевым понятием инвайронментальной теории до недавнего времени  
был экологический алармизм, понимаемый как страх перед экологической ка-  
тастрофой. Изучение этой проблемы становится отправной точкой развития ре-  
гиональных социальных экологических исследований. Идеи эколоармизма доста-  
точно гибки. Можно проследить их изменение в динамике. В 70-х годах он  
качественно отличается от современного. Если в те годы инвайронментальная  
идеология была по преимуществу контр-идеологией, поскольку состояние среды  
обитания находилось на периферии общественных интересов (среда рассматри-  
валась как нечто внешнее по отношению к процессам социального производ-  
ства), то сегодня экологические проблемы переместились в центр внимания обще-  
ственного мнения.

В мае 1995 года в городах Томске и Асино по заказу Государственного коми-  
тета экологии и природных ресурсов Томской области Центром независимых со-

циологических исследований ТГУ совместно со студентами было проведено социологическое исследование.

Результаты исследования опровергли устоявшиеся в Томске взгляды, характерные для ведомственных интересов, отстаиваемых Сибирским химическим комбинатом. Мы выяснили, что, с точки зрения общественного мнения, наиболее серьезным фактором экологического риска является качество воды и уровень радиации и лишь затем выбросы промышленных предприятий. Влияние этих трех видов экологических нарушений усугубляет тяжесть экологического статуса г.Томска.

Экологические проблемы Томска носят характер не только глобальной угрозы будущему развитию, они становятся частью повседневности, определяют образ жизни людей Томска. Это влияет на оценку значимости проблем экологии. Результаты исследования показали: на 1-м месте по значимости стоит проблема преступности, на 2-м - экономические проблемы, связанные с ростом инфляции. Экологические проблемы занимают 3-е место, они оцениваются практически наравне с экономическими, соответственно 43% и 44%, проблемы политической нестабильности на 7-м месте, межнациональные конфликты на 9-м, фиксируется повышение приоритета проблем экологии в Томске по сравнению с 1989г - экология находилась на 7-м месте. Проблемы экологии для Томска актуальнее, чем для России в целом. По данным опросов ВЦИОМ, проведенных в России, экология в системе приоритетов находилась на 8-м месте.

Уровень озабоченности населения проблемами экологии зависит от того, насколько Томск и его ближайшие населенные пункты страдают от хронического воздействия радиационного загрязнения. По результатам опроса качество экологии оценивается чаще всего как плохое. Варианты оценок: очень плохое / довольно плохое - 95%, не вызывает озабоченности - 2%, не задумывался - 3%. Сравнительный анализ рейтинга качества экологии в Томске и в России следующий: по данным опроса Института Дж. Гэллапа самая низкая оценка качества экологии из 20-ти стран наблюдается в России - очень плохое / довольно плохое -88%, в то время как в Томске - 95%.

Экологическую тревогу вызывают разные виды проблем, респонденты быстрее всего отреагировали на менее осязаемые опасности, такие как проблемы качества питьевой воды - 76%, уровень радиационного загрязнения - 55%, химические выбросы промышленных предприятий - 54% и лишь только после этого отметили явно бросающиеся опасности - это уничтожение лесонасаждений - 40% и выбросы автотранспорта - 22%.

Бытующее мнение о том, что молодежь менее чувствительна к качеству состояния экологии, не оправдалось для Томска. Имеется разброс по возрастным группам в оценках "очень плохое". Однако по сдвоенным шкалам "очень плохое / до-

«плохо» оценка всех трех возрастных групп одинакова: у молодых -93%, у среднего возраста -97% и у пожилых - 97%.

У населения Томска и Асино наблюдается парадоксальный «эффект акцентации неосязаемой опасности». Это реакция на реальную угрозу экологического риска, в которой высокий радиационный фон сочетается с выбросами концентрированных промышленных предприятий. В томской выборке большую тревогу вызывает повышенный уровень радиации - 2-е место, в то время как по данным ВЦИОМ по России в целом проблемы радиационного загрязнения на 7-ом месте.

Экологическую политику России существенным образом определяют социокультурные факторы. Инвайронментальное управление в нашей стране до сих пор обуславливается принятыми ранее образцами организационной культуры. Официальные концепции экологического развития представляют собой странный симбиоз нового экологического тезауруса и старых стандартов управления, принятых во времена «социалистической индустриализации». Так, мы по-прежнему сталкиваемся с попытками внедрения неоклассической модели экономической перестройки, с пренебрежением к проблемам уровня и качества жизни населения, а следовательно, и к правам на экологическую безопасность.

Как ни парадоксально, мы можем также констатировать активное проявление антигосударственных настроений среди различных слоев населения. Эти настроения являются частью «советского образа жизни» прошлых десятилетий, они создают препятствия для любых попыток серьезного вмешательства региональных органов власти в дело охраны окружающей среды. Стратегически важным социокультурным фактором является также спад активности в экологическом движении, которое, как мы помним, было сильным в конце 80-х годов.

Социологическое исследование экологической активности населения Томска подтверждает этот факт. По данным 1995 года непосредственно участвуют в работе хотя бы в одной из экологических организаций всего лишь 0.2% респондентов. В то время как по данным института Гэллапа в большинстве стран о своем участии заявляют от 5 до 10%. Есть предположение, что в России общественность чаще всего считает экологию чисто «институциональной проблемой», вызываемой институтом индустрии и подлежащей разрешению другим институтам. Так, по нашим данным в качестве основной причины нежелания участвовать в экологической деятельности выставляется следующая: «пусть этим делом занимаются специальные организации» - 44% опрошенных. Заметим, что экологический статус Томска приближается к критическому.

Исследования поведения различных слоев населения по отношению к проблемам экологической безопасности чрезвычайно важны для поиска связи между

существующим общественным мнением, острыми экологическими проблемами и способностью науки и государства контролировать их разрешение.

Одной из важных проблем является следующая: зависит ли уровень восприятия экологической угрозы от степени научной осведомленности о самом предмете или же это проблема культурологическая, т.е. она зависит от национальной культуры и традиций. Как бы не ставилось в теоретическом аспекте решение этой проблемы, как бы объективно ни исследовали эксперты уровень экологического риска, составляя на этой основе программы технологических и организационных изменений, как показывает практика (в частности, в настоящее время и томский опыт), претворить их в жизнь невозможно без учета восприятия экологического риска простыми жителями, без их выбора в различных ситуациях.

Исследования данного направления служат основой для выборки инвайронментальной политики государства. Их значимость высока в России, в частности, в ее регионах к востоку от Урала, где наблюдается в соответствии со статистическими показателями экологическая деградация и значительное ухудшение здоровья населения. В контексте этих исследований проблемы развития инвайронментальной теории приобретают высокую значимость.

Публичная демонстрация результатов социологического исследования по вопросам экологии является одним из средств формирования "экологического сознания" населения. Использование информации об отношении жителей Томска и Асино к экологическим нарушениям, на наш взгляд, позволит гражданскому населению оказывать влияние на политику Центральных ведомств и, возможно, изменять ее.

**ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗОНЫ ВЫСОКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ,  
КОНЦЕПЦИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО - ФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ  
THE PLANETARY ZONES OF HIGH BIOLOGICAL PRODUCTIVITY,  
A.L.CHIGEVSKY'S CONCEPTION - THE PHISICAL ASPECT**

Сытина О.А., Сытин А.Г.

Госатомнадзор, Россия, г. Новосибирск

Экологическая наука выделяет три планетарные зоны высокой биологической продуктивности, две из которых опоясывают Землю вблизи авроральных зон на севере и юге. Это случайно или неслучайно? Холодно, а птицы летят на север, почему? Им ошибаться нельзя!

Мы предполагаем, что существование планетарных зон высокой биологической продуктивности имеет глубокую физическую обусловленность.

А.Л.Чижевский предполагал существование особого биологически активного Z-излучения Солнца. Этот постулат основан на обширной и фундаментальной фактографии, но физическая сущность предполагаемого Z-излучения остается неясной.

Ниже, в некоторой части мы дополняем концепцию А.Л.Чижевского и даем ей соответствующее частное толкование, состоящее в следующем.

В составе атмосферы Солнца имеются все элементы, участвующие в фундаментальных биологических процессах, т.е. водород, углерод, азот, кислород и др.

Потоки частиц в составе солнечного ветра захватываются магнитным полем Земли и вторгаются вблизи полюсов в атмосферу планеты. Повышенные концентрации элементов солнечного происхождения, предположительно являющихся носителями ядерной биологической активности энергии, и порождают планетарные зоны высокой биологической продуктивности. При таком взгляде на явления естественно допущение о более высокой биологической "ценности" атомов солнечного происхождения по сравнению, например, с атомами биогенных геологических отложений.

В рассматриваемой модели имеется и сугубо практический аспект: северные точки могут стать источником удобрений особого рода, а сибирские реки являются идеальными транспортными путями к зонам интенсивного земледелия вокруг больших городов.

О.А.Сытиной было выполнено предварительное исследование влияния на развитие растений фасоли добавок в почву северных сапропелей. Различия в развитии контрольных и экспериментальных растений - замечены были.

Экспериментальные растения, в среднем, были такими же, как и контрольные, но отличались существенно большей однородностью, дисперсия их размеров была существенно меньше.

## **ГИПОТЕЗА СУЩЕСТВОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ, СОПОСТАВЛЕНИЕ С ФАКТАМИ**

### **THE HYPOTHESIS OF EXISTENCE OF THE NUCLEAR BIOLOGICALLY ACTIVE ENERGY, THE CONFRONTATION WITH FACTS**

Сытин А.Г., Сытина О.А.

Госатомнадзор, Россия, г. Новосибирск

Биологическая жизнь как явление соотносится с законами и фактами физической науки, примерно, так же, как мираж с реальной действительностью: ни в чем им не противоречит, но и с необходимостью из них не следует. По крайней мере, такие связи далеко неочевидны, а иногда даже и непонятны в принципе.

Некоторые из биологических явлений могут быть осознаны с единой точки зрения, поставлены в причинно-следственные отношения, если допустить существование ядерной биологически активной энергии.

Предположение состоит в следующем: ядра атомов могут содержать конечные количества энергии, способной перетекать в электронные оболочки атомов и молекул, и оказывать, тем самым, влияние на химические и биологические процессы. Предполагаемый механизм движения энергии ядра состоит в ее переносе туннелирующими электронами. Нет никаких физических запретов, исключающих туннельное проникновение электрона в ядро.

В общем случае следует допустить возможность переноса энергии как из ядра атома в электронную оболочку, так и в ядро. Предложенный механизм отличается от известных явлений радиоактивности.

На основе принятого допущения можно с единой точки зрения объяснить, сконструировать многие явления и процессы химии и молекулярной биологии: существование и функцию катализаторов, ферментов, генов, гормонов, токсинов, витаминов, лекарственных средств и т.д. Стали бы понятными, получили естественное объяснение конечность индивидуального существования многоклеточных организмов и видов, образование биогенных геологических отложений кальция, углерода, серы и, возможно, других элементов периодического закона.

Предположение, вполне естественно, нуждается во всесторонней верификации, а при необходимости - и в уточнениях или в корректировке. Особое значение в этом случае приобретут прямые эксперименты, позволяющие выявить и определить количественно сам факт существования и рассеяния ядерной биологически активной энергии.

Такие постановки экспериментальных задач на сегодня нам известны.

Возможными наблюдениями такого рода могут быть выявление и исследование химических реакций, в которых проявлялись бы каталитические свойства водорода, углерода и других биологически активных элементов.

И в заключение еще одно предположение: на выбранном пути с большой вероятностью могут быть получены далеко нетривиальные результаты.

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
В ЗЕМНОЙ КОРЕ**

# РАДИОГЕОЛОГИЯ В РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

## RADIOGEOLOGY IN GEOLOGICAL PROBLEMS SOLUTION

Наумов Г.Б., Омельяненко Б.И.

Институт минералогии им. В.И. Вернадского, Россия, г. Москва

Еще в начале нашего века В.И.Вернадский, намечая контуры только за-  
давшейся новой научной дисциплины - радиогеологии, писал: надо найти и по-  
строить радиохимию планеты, часть новой области геологии - радиогеологию. Здесь,  
вероятно, ключ решения многих основных геологических проблем [Вернадский,  
Лекции геохимии, Избр. соч.1954 т.1, с.295]

Сейчас, в конце века, мы часто уже с трудом вспоминаем те глубокие изме-  
нения, которые произошли в понимании кардинальных геологических проблем под  
влиянием данных, полученных в рамках радиогеологических исследований. Некото-  
рые из них были рассмотрены еще В.И.Вернадским, другие им только намечены,  
жив свое развитие во второй половине века, третьи встают во весь рост только  
сейчас, как результат быстро идущего научно-технического прогресса.

Из наиболее фундаментальных проблем, влияющих на целый комплекс со-  
стоявшихся научных и прикладных вопросов, следует отметить следующие:

1. Энергия радиоактивного распада и тепловой баланс Земли.
2. Бренность атомов и геохронология.
3. Радиогеохимические (естественные и активизированные) маркеры геоло-  
гических процессов.
4. Радиогеология ноосферы, состояние и перспективы развития всей био-  
сферы.

Новые решения этих проблем не только принципиально изменили и изменя-  
ют методологию геологического мышления, но и способствовали переходу на новый  
уровень развития фундаментального и прикладного знания целого ряда смежных  
дисциплин, поставили новые актуальные вопросы, определяющие пути развития  
нашей цивилизации. Все они выходят за рамки отдельных научных дисциплин,  
локальных, региональных и корпоративных интересов, требуя комплексного,  
методического подхода, объединения усилий представителей различных групп  
научно-технического сообщества.

1. В проблеме теплового баланса Земли открытие внутренних, собственно  
земных радиоактивных источников тепла, подготовило почву для новых, ранее не-  
возможных, представлений о холодной агломерации Земли, ставших обычными в  
современном научном мышлении. В господствовавших ранее теориях Канта-  
Тепласса, Джинса и других, требовалось наличие исходных внешних источников  
тепла, приводивших к естественным представлениям об огненно-жидком первичном



состоянии планеты. С этими исходными положениями непосредственно связаны наши представления о ранней геологической истории планеты, и вся геология до кембрия, а, в конечном счете, и геология более поздних периодов развития планеты, ее коры.

Дальнейшее развитие этой проблемы поставило новые вопросы о вымерших радиоактивных изотопах в составе ранней Земли, определявших иной тепловой баланс планеты, чем мы имеем в настоящее время, и о соответствии наблюдаемых в настоящее время реальных тепловых потоков модельным построениям, основанным на существующих представлениях о распределении радиоактивных элементов во всем объеме планеты. Несмотря на разницу содержания радиоэлементов в континентальной и океанической коре, реальные тепловые потоки между ними практически не различаются между собой. Отсутствие прямой пропорциональной зависимости между генерацией радиогенного тепла и фиксируемым тепловым потоком ставит вопрос о соответствии реального и модельного распределения радиоэлементов в разрезе земной коры и мантии и о доли радиогенного тепла в общем тепловом балансе планеты.

2. Сейчас трудно себе представить, что еще совсем недавно проблема времени в геологии решалась исключительно на качественных соотношениях раньше - позже. Наиболее авторитетные исчисления Л. Бюфона отводили всей геологической истории всего 181 000 лет.

Естественно, что первые значения радиологов, получивших величины иного порядка, вошли в острый конфликт с традиционными геологическими представлениями, и только в 1931 г., после тщательного анализа всех данных, была допущена длительность палеозойской эры в 500 млн. лет.

Введение независимой радиологической шкалы времени привело к появлению нового понятия об интенсивности геологических процессов, которое до того оценивалось чисто субъективно, исходя из мощности накопившихся осадков.

В то же время, по мере накопления радиохимических возрастных меток геологи все чаще стали сталкиваться с дискордантными результатами, получаемыми по разным изотопным отношениям или по одним и тем же изотопным парам, но в разных минералах и разных пробах, взятых из одного и того же геологического объекта. Эти расхождения выходят далеко за пределы возможных инструментальных ошибок и говорят о сложном, многостадийном развитии конкретных процессов и схематичности ряда наших модельных построений.

Увлечение данными "абсолютной" геохронологии заслонило изучение относительной последовательности конкретных геологических процессов, выраженной в стадийности развития геологических объектов, отражающей внутренние закономерности их развития, безотносительно к глобальному астрономическому времени. Та-

Все смещение акцентов вряд ли сослужит хорошую службу для понимания собственных закономерностей эволюции геологических тел, заставляя в каждом случае искать внешние причины реально наблюдаемых изменений

3. Не менее существенные изменения целого ряда геологических концепций связаны и с началом использования радиоэлементов, как индикаторов геологических процессов. Естественно, что эти исследования начались с уранового рудобразования, поскольку эти руды содержат наибольшие количества радиоактивных и радиогенных элементов, однако по мере совершенствования методов изотопных исследований и радиоактивационного анализа сфера объектов стала быстро расширяться. Сейчас они уже проводятся как на макро, так и на микроуровне, существенно меняя существовавшие представления о механизмах миграции вещества, процессах его рассеяния и концентрации.

Напомним только два крайних примера. Уже первые числовые значения распределения U, Th и K в планетах Солнечной системы, полученные с помощью спектрометров, установленных на космических аппаратах, и сравнение этих данных с содержанием аналогичных элементов в земных породах выявили фундаментальную корреляционную связь, свойственную не только породам земной коры, но и объектам всех планет Солнечной системы.

С другой стороны, методы осколковой радиографии позволили наблюдать микроскопические неравномерности распределения отдельных групп атомов в минеральных зернах и тканях живых организмов. Уже достаточно многочисленные данные позволили заключить, что не столько валовые содержания элементов, сколько формы их нахождения определяют их геохимическую историю, возможности пути миграции, рассеяния и концентрации.

Эти выводы имеют огромное практическое значение, влияя на разработку новых геохимических методов поисков и оценки перспективности отдельных территорий на тот или иной вид полезных ископаемых. Особое значение имеют такие результаты для экологических исследований и оценки экологических ситуаций.

4. Новой областью радиогеологических исследований является проблема безопасного захоронения радиоактивных отходов, ставшая жизненно необходимой только в последнее время и еще далекая от своего окончательного разрешения. Если в предыдущие десятилетия основная практическая задача радиогеологов сводилась главным образом к вопросам поисков и разведки радиоактивного сырья, то сейчас все большую актуальность приобретают вопросы утилизации продуктов ядерного деления.

Сейчас уже достаточно ясно, что чисто технические и механические методы решения этой проблемы не дадут оптимального результата. Необходимы новые подходы и новые решения, основанные на закономерностях миграции радионукли-

дов в конкретных геологических обстановках, закономерностях их миграции и особенностях геохимических циклов. В природе существуют скопления больших количеств экологически опасных элементов (мышьяк, ртуть и т.д. - их месторождения), которые на десятки и сотни миллионов лет выведены из общих круговоротов вещества и не создают особой экологической опасности. Возможно здесь нам надо многое перенять у природы. Наряду с уже существующей бионикой нужна и аналогичная ей геоника.

Пока здесь рано делать обобщения. Можно только наметить некоторые уже вырисовывающиеся направления.

Наиболее заманчивое сохранение вредных отходов в водной фазе, является и наиболее опасным. Зоны весьма замедленного водообмена располагаются на весьма значительной глубине. При закачке растворов, отличающихся по плотности может не происходить полного вытеснения пластовых вод и проскальзывание закаченных на значительные расстояния. Следует опасаться гидрогеологических окон и явлений спонтанной диффузии, на что указывает наличие вертикальной гидрогеологической зональности. Более перспективно использование естественных сорбционных свойств пород и поровых растворов, концентрация которых может отличаться в несколько раз по макро- и на порядки по микрокомпонентам от пластовых вод. Даже при движении пластовых вод здесь возникают естественные хроматографические колонки, принципиально меняющие миграцию растворенных компонентов.

Захоронение в твердой фазе на длительные сроки опасно в результате естественного перераспределения в гетерогенном твердом веществе, что хорошо фиксируется при исследовании форм нахождения микроэлементов в горных породах. Эти процессы значительно активизируются под влиянием микродислокаций, возникающих в зонах малоамплитудной высокочастотной тектонической активности. К сожалению, такие зоны практически не изучены, так как все внимание современной сейсмологии обращено главным образом на высокоамплитудные процессы.

Проблему захоронения нельзя сводить только к радионуклидам. Однако, радиогеология может дать своеобразный модельный подход, позволяющий вскрыть некоторые общие закономерности, которые необходимо использовать при решении конкретных вопросов. Хорошо известно, что радиевые аномалии, возникшие на местах первых радиевых производств, могут мигрировать или стабильно сохраняться в зависимости от геохимического типа почв. Только с помощью изучения поведения техногенных радиоизотопов Sr-90, Cs-137 и Ce-144 в природных системах было установлено, что вещество в состоянии крайнего разбавления может вести себя иначе, чем это характерно для его концентрированного состояния. Появился даже своеобразный термин "вырождение химизма". Все эти примеры указывают на боль-

...е научное и практическое значение исследований масштабных геохимических экспериментов, уже поставленных человеком.

В кратком докладе невозможно затронуть все аспекты, связанные с той ролью, которую уже сыграла и еще сыграет радиогеология в решении кардинальных геологических проблем и в развитии методологии естественнонаучного мышления. Более подробно они изложены в сборнике "Проблемы радиогеологии", М, Наука, 1983. Однако сказанного достаточно, чтобы понять, что она дает ключи не только к решению фундаментальных проблем геологии, но и влияет на методологию естественнонаучного и технического мышления.

## РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ RADIOACTIVE ELEMENTS IN THE CRUSTAL EVOLUTION

Ножкин А.Д.

Объединенный Институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3,  
тел. (3832) 351361, факс (3832) 352692, E-mail turkina@uiggm.nsk.su.

Континентальная кора сиалического типа образована в результате дифференциации земного вещества, сопровождавшейся концентрацией кремния, а также редкоземельных литофильных, в том числе радиоактивных элементов (РАЭ). Раннеархейские плагиогнейсовые комплексы тоналит-трондjemитового состава, судя по геохимическим признакам, являются сиалическими продуктами первичных корообразующих процессов, сформированными путем частичного плавления базальтовой, а также андезитовой протокоры. Радиогеохимические характеристики последней в значительной мере определяют вариации в содержании РАЭ в плагиогнейсовых комплексах разных регионов, которые обычно изменяются в определенных пределах: U = 1-1,5 г/т; Th = 3-6 г/т; K = 1-2%. Реже распространены породы с повышенной и пониженной радиоактивностью. Нарастивание коры в граувакко-зеленокаменных областях, сопровождавшееся массовым выходом на поверхность мантийного вещества, приводит к снижению общего радиогеохимического фона. Средние концентрации РАЭ в раннеархейской коре отражены в граувакко-зеленокаменных толщах зеленокаменных поясов.

Основной привнос U, Th и K в верхнюю оболочку коры связан с эпохами дисперсного проявления кислого, существенно калиевого магматизма и гранитообразования. Высокорадиоактивные калиевые магматиты - продукты наивысшей степени геохимической дифференциации богатых кремнеземом пород. Они завершают круп-

ные этапы становления и развития гранулитового и гранитогнейсового слоев, являются индикаторами образования зрелой континентальной коры.

Первые натрий-калиевые кислые магматиты, сформированные в раннем архее, представлены гиперстенсодержащими двуполевошпатовыми ортогнейсами в канском, шарыжалгайском, анабарском, центрально-алданском, бугско-подольском и других гранулитовых комплексах и отличаются повышенной (до 20 г/т) ториееносностью, высоким (10-20) Th/U, что свидетельствует об удалении основной (до 75%) массы U при гранулитовом метаморфизме в верхние горизонты коры. С ними ассоциируют высокоглиноземистые гнейсы с повышенным содержанием Th, K и PЗЭ, которые являются метаморфизованной корой выветривания того же изверженного вещества. Изначально обогащенные РАЭ кислые протолиты могли быть образованы в результате 20-25% плавления первично коровых плагиогнейсов в древнейших коллизионных орогенах.

В позднем архее натриево-калиевые гранитоиды завершают формирование гранулитового слоя земной коры. Th, PЗЭ, Zr, реже U наиболее обогащены гнейсогранитные купола, пегматоидные граниты и кварц-полевошпатовые метасоматиты - первые в истории развития коры геохимически специализированные на эти элементы комплексы. В гранит - зеленокаменных провинциях натриево - калиевые гранитоиды образуются после складчатости супракрустальных толщ, тоналит - трондьемитовых диапиров, плагиогранит - гранодиоритовых плутонов. Такие гранитоиды с высоким содержанием U (до 20-40 г/т) и Th (до 60-100 г/т) распространены на щитах Сибирской (чародоканский, китойский комплексы), Русской (токовский, веретенинский комплексы) и других платформ. Вместе с минерализованными пегматитами и метасоматитами они являются основным источником U и Th в перекрывающих нижнепротерозойских терригенных толщах, развитых в основании древних платформ, в том числе уникальных ураноносных провинций Африки, Австралии и Канады.

В раннем протерозое натриево-калиевое гранитообразование наиболее интенсивно проявлено на рубеже 1,9-1,78 млрд. лет. Пояс калиевых, в том числе щелочных гранитоидов, протяженностью в 3500 км прослеживается вдоль юго-западной и южной окраины Сибирской платформы. Эти гранитоиды - составная часть окраинно-континентального вулканоплутонического пояса, фиксирующего южную конвергентную границу Сибирского кратона. Формирование пояса отличалось первым, наиболее мощным в истории данного сегмента Земли проявлением кислого существенно калиевого магматизма в эффузивной и интрузивной формах. Вулканоплутонические и самостоятельные гранитоидные комплексы такого типа широко распространены на Украинском, Балтийском, Канадском щитах, Австралийской, Африканской и Южно-Американской платформах. Содержание U и Th в кислых магматитах обычно превышает кларковое, принятое для среднего Na-K гра-

Нижнепротерозойская эпоха кислого вулканизма и Na-K гранитообразования началась наиболее значительным привнесением U, Th, других сопутствующих редких элементов в верхнюю оболочку коры. Важным следствием этого процесса явилась дальнейшая сиализация коры, усиление степени ее геохимической дифференцированности - зрелости.

Особенностью развития позднепротерозойских (1,65-0,65 млрд. лет) формационных комплексов древних платформ является приуроченность их к окраинно-континентальным - перикратонным структурам. Важнейшая черта этого мегацикла - длительное накопление ритмично-слоистых осадочных толщ, унаследующих радиогеохимические признаки сиалического основания; для юго-западной части Сибирской платформы - это и неоднократное существенно Na-K гранитообразование. В Украинском кряже данной эпохе отвечают гранитоиды тейского, татарско-двинского, глушихинского, кутукаского комплексов, формировавшиеся на протяжении 300-350 млн. лет. Наряду с гранитообразованием в позднерифейское время появился и кислый вулканизм, поскольку юго-западная часть Сибирского кратона находилась в режиме активной континентальной окраины. Характерная радиогеохимическая черта гранитоидов и кислых вулканитов - их повышенная ториеносность и умеренная ураноносность, повышенное Th/U. Исключения представляют интрузивные комплексы лейкогранитов, продукты заключительных этапов гранитизации метаморфических структур и многофазных полигенных плутонов, нередко с наложенными продуктами гидротермальной деятельности, обогащенные легко вскрываемым U.

В ходе геологического развития сиалических блоков коры неоднократно возникали условия для концентрации U и Th в разных формах и масштабах. В пределах южной окраины Сибирской платформы в позднеархейскую эпоху сформирована ураноносная редкоземельно-ториевая формация в связи с пегматоидными гранитами и кварц-полевошпатовыми метасоматитами. В раннепротерозойскую эпоху наряду с U-Th-редкометалльными пегматитами получили развитие редкометалльные разломные метасоматиты с уран-ториевой, а местами (особенно на Украинском, Сибирском щитах) полевошпатовые метасоматиты с собственно урановой минерализацией. С верхнепротерозойскими гранитоидами связаны ураноносные редкоземельные скарны, торий-редкометалльные пегматоиды, ураноносные кварц-полевошпатовые метасоматиты, альбититы, грейзены и березиты. Широко известна ураноносность протерозойских грубообломочных и черносланцевых толщ, урановых провинций в зонах несогласий Канадского и Австралийского щитов, генезис которых в связь с проявлениями магматизма остается проблематичной. В радиогеохимии осодо- и рудообразующих систем юга Сибирской платформы особое значение могут иметь поверхности несогласия в основании нижнепротерозойских, рифейских толщ, байкалид и венда.

Известные наиболее крупные концентрации U и Th здесь выявлены в связи с послепротерозойскими эпохами тектономагматической активизации структур докембрия. Для венд-нижнепалеозойской эпохи рифтогенеза (Енисейский кряж) характерен субщелочной и щелочной магматизм и связанные с ним U-Th-редкометалльные метасоматиты, а также обширные ореолы гидротермально измененных пород с урановой и Au-сульфидной минерализацией. Среднепалеозойская эпоха рифтогенеза, проявившаяся в северо-западном Присаянье, отличалась развитием субщелочного кислого и щелочного вулканизма и гранитоидного магматизма. С этой эпохой связано формирование уран-молибденовой и урановой минерализаций. Мезозойская эпоха субщелочного и щелочного магматизма натрий-калиевого уклона и ассоциирующего с ним уран-ториевого и уранового оруденения наиболее ярко проявлена в отдельных блоках Алданского щита.

Отмеченные рудные концентрации урана создавались на заключительных посторогенных и активизационных, по существу, рифтогенных этапах при наложении субщелочного кислого калиевого и щелочного магматизма и сопровождавшего гидротермального метаморфизма на жесткие, но неоднократно гранитизированные кристаллические массивы, включающие геохимически специализированные на уран осадочные, магматические и метаморфические формации. С точки зрения автора, наиболее благоприятные геолого-геохимические предпосылки для формирования уранового оруденения в структурах южного ограничения Сибирской платформы существовали в Центральноенисейском и Бирюсинском блоках, а также в Центральном Забайкалье, в провинциях с погруженным, слабо эродированным докембрийским сиалическим основанием и в неоднократно гранитизированных массивах Алдано-Станового щита. Наиболее важными показателями перспективности крупного блока земной коры на урановое, уран-ториевое и сопутствующее редкометальное оруденение наряду с другими являются: степень геохимической дифференцированности - зрелости архейских сиалических масс, уровень их эродированности, индикатором которых может быть содержание Th и величина Th/U. Именно эти важные критерии отражают причину и указывают на дальнейшую возможность формирования в первую очередь урановорудной провинции и унаследованный характер разнотипного и разновозрастного оруденения. Такая кора отражает геохимическую специфику зрелой мантии и всего литосферного профиля, в пределах которого формируются рудообразующие системы в разные эпохи геодинамической эволюции данного сегмента Земли.

# ГЕОХИМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИТОСФЕРЕ (ПО ДАННЫМ СВЕРХГЛУБОКИХ СКВАЖИН)

## GEOCHEMISTRY OF URANIUM, THORIUM AND POTASSIUM IN LITHOSPHERE (BASED ON SUPERDEEP DRILLING DATA)

НАРТИКОЕВ В. Д.

ВНИИгеосистем, 113105, Россия, г. Москва, Варшавское шоссе, дом 8,

тел. (095) 952-02-67, факс (095) 958-37-11

Телетайп 113452, ЧАРОИТ, E-mail root@geosys.msk.su

Предпринятые со второй половины XX столетия геологическими службами многих стран мира широкомасштабные исследования различных континентов Земли в почти всех геологических формациях литосферы на содержания естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) геохимическими и радиометрическими методами не восполняют пробела в оценке средних значений урана и тория метаморфических пород ранних стадий формирования земной коры.

Известно, что с докембрийскими образованиями связано более 70% мировых запасов важнейших видов полезных ископаемых и изучение геохимических закономерностей распределения ЕРЭ приобретает приоритетный характер в геологии, так как о важнейшей роли ЕРЭ в геоэнергетических процессах планеты.

Наиболее достоверные данные по содержанию ЕРЭ в осадочных и гранитно-метаморфических породах на значительных глубинах получены по результатам исследования разрезов глубоких и сверхглубоких скважин (СГС) в различных структурно-формационных зонах на бывшей территории СССР: Кольская, Саатлинская, Кольская и Мурунтауская СГС.

Особый интерес представляют результаты исследований пород разрезов СГС на содержание ЕРЭ in situ в сопоставлении с результатами анализа большого объема образцов комплексом высокоточных методов.

Кольская СГС достигла глубины 12260 м и вскрыла глубокометаморфизованные образования протерозоя и архея на Балтийском щите, а Саатлинская СГС — вулканогенно-осадочные образования мезо-кайнозоя до глубины 8200 м.

В архейских образованиях Кольской СГС на глубинах 6842-12260 м выявлена закономерность распределения ЕРЭ, а именно, высокая корреляционная связь между содержаниями урана, тория и калия-40, приближающаяся к единице, что указывает на определяющую роль в характере распределения ЕРЭ в архейских образованиях процессов гранитизации.

Отмечается повсеместное превышение тория над ураном и его рост с повышением содержания калия-40.



Лишь в единичных интервалах мощностью не более 1-2 метров отмечается превышение урана над торием, что связано, как показали исследования шлифов методом f-радиографии, с перераспределением урана в пределах отдельных акцессорных минералов вдоль тончайших трещин и зон роста вновь образованных низкотемпературных минералов. Масштабы такого перераспределения незначительны на фоне общего фронта гранитизации.

По комплексу геохимических признаков для щитов, по материалам разреза Кольской СГС, характерны восходящие потоки флюидов в резко восстановительных условиях, на что, в первую очередь, указывает пространственно-генетическая связь ЕРЭ с рудными элементами.

Содержание ЕРЭ в вулканогенных породах по всему изученному разрезу Саатлинской СГС низкое [1]. В вулканитах средне-основного состава содержание урана ниже 1 г./т., тория 1,0-3,5 г./т. Ни в одной пробе не установлено содержание урана и тория выше кларковых значений для пород соответствующего состава.

Торий-урановое отношение (более 1000 проб) для всех вулканитов в пределах 2-6.

Близкими радиогеохимическими характеристиками обладают высокоглиноземистые и щелочные базальты океанических хребтов и островных дуг (уран — 0,3-1,3 г./т., торий — 1,0-4,2 г./т.).

Вулканиты разреза Саатлинской СГС относятся к производным мантийных субстратов.

По концентрации урана и тория они близки типу высокоглиноземистых базальтов островных дуг, а также траппов и платобазальтов платформ. Судя по характеру распределения ЕРЭ в вулканитах Саатлинской СГС, коровая составляющая в их формировании полностью исключается и лишь указывает на стерильность мантии по урану и торию. Энергетический режим формирования подобных геологических образований в основном зависит от мантийного теплового потока, что нельзя утверждать для Балтийского щита, где роль радиогенного тепла в общем тепловом потоке составляет более 50% [2].

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. О результатах изучения радиоактивности пород Саатлинской скважины СГ-1. В.Д. Нартиков и др. Ж. Азербайджанское народное хозяйство, г. Баку, № 3, 1985, С. 13-17.
2. Кольская сверхглубокая. М.: Недра, 1984 г., С. 337-347.

# ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ.

THE PRINCIPAL STAGES AND APPROPRIATENESS OF URANIUM AND TORYUM  
ACCUMULATION IN THE HISTORY OF DEVELOPMENT OF EARTH CRUST OF  
ALTAIE-SAYN REGION.

Рихванов Л.П.

Томский политехнический университет. 634034, Россия, г.Томск,  
пр. Ленина, 30, тел/факс 418-910

Проведенные исследования показали, что изученная нами область завер-  
шенной складчатости является полициклической и развивалась на коре сиа-  
нического типа высокой геохимической зрелости. Устанавливается неоднократное  
(3-4 кратное) чередование подвижного (геосинклинального) и относительно-  
стойчивого (квазиplatformенного) режимов тектонического развития.

В пределах области однозначно выделяются, как минимум, три этапа текто-  
но-магматической активизации. На наш взгляд, таковыми являются предсаляро-  
каледонский (900-600 млн. лет), средне-верхнепалеозойский (Д1-С1) и мезозойский  
(Д2-К1) этапы. Характерно многократное проявление гранитоидного магматизма оро-  
генного магматизма этапов активизации. Также неоднократно проявились и гидро-  
термально-метасоматические процессы.

1. Радиогеохимические и геохимические особенности главных геологических  
формаций полициклической и полихронной Алтае-Саянской складчатой области  
(СССР) свидетельствуют о том, что структурно-формационные комплексы разных  
тектонических эпох, этапов и стадий развития характеризуются своими специ-  
фическими особенностями накопления радиоэлементов, редких земель и их про-  
странственной локализацией.

Глубокометаморфизованные геологические формации протоплатформенно-  
го этапа развития представляют собой слабо дифференцированные в радиогеохи-  
мическом плане провинции. Для них характерны высокие торий-урановые отноше-  
ния при сравнительно низких концентраций урана. Блоки развития данных пород в  
пределах Южно-Енисейского кряжа, Восточного Саяна и др. являются областями  
выноса большого количества урана, рассеивание или концентрирование, которого,  
возможно, определяет радиогеохимическую специфику области.

Образования протгеосинклинального этапа характеризуются уже  
значительной радиогеохимической дифференциацией. На данном этапе развития  
фиксируются специализированные на радиоактивные элементы зоны. Наиболее  
существенное накопление урана отмечается в связи с углеродисто-глинистыми

сланцами и графитистыми мраморами. В это же время формируются высокосторонние интрузивные комплексы (Таракский, Саянский).

Структурно-формационные комплексы нижнего-среднего рифея представляют собой резко дифференцированные радиогеохимические образования. Специализированными на уран геологическими формациями являются углеродисто-кремнистые сланцы (Восточный Саян), кислые вулканиты Вороговского района Енисейского кряжа и гранитоидные образования Восточного Саяна, Кузнецкого Алатау. Среди выходов пород данного структурно-формационного комплекса отчетливо фиксируются линейные радиогеохимические зоны. Данный этап развития АССО можно считать первой эпохой мощного сингенетичного накопления урана, а породы структурно-формационного комплекса байкальской складчатости следует рассматривать как радиогеохимически специализированные.

Радиогеохимически специализированными комплексами являются щелочно-базальтовые и щелочно-гранитоидные образования структурно-формационных комплексов досалаиро-каледонской тектоно-магматической активизации (Ножкин, 1995 и др.).

Для большей части геологических формаций салаиро-каледонского этапа развития не характерно накопление радиоактивных элементов. Специализированные на уран геологические формации характерны только для ранних этапов развития геосинклинально-складчатой области. Значительные концентрации сингенетичного урана отмечаются в углеродисто-кремнистых, углеродисто-глинистых сланцах и фосфоритах. Как правило, они образуют линейные радиогеохимические зоны, приуроченные к системам глубинных разломов. Вывод о том, что АССО является слабо дифференцированной радиогеохимической провинцией верен, на наш взгляд, только в той части, когда речь идет об образованиях данного этапа развития региона.

Структурно-формационные комплексы этапов сводово-глыбового развития и теконо-магматической активизации подвижной платформы являются радиогеохимически специализированными образованиями. При этом существенное накопление сингенетичных концентраций радиоэлементов отмечается не только в продуктах кислого и щелочного магматизма (Домаренко и др., 1976; Рихванов и др., 1985, и др.), но и образованиях щелочно-базальтового ряда (Ершов и др., 1988; Рихванов и др., 1991 и др.). Предполагается, что аномально-высокие содержания радиоактивных элементов в продуктах магматизма связаны с глубинными процессами, протекающими в мантии и обуславливающими геохимическую специфику флюидно-магматических систем, функционирующих на этапе активизации земной коры данной области. Следует отметить, что специфика магматогенных продуктов заключается не только в накоплении, например, урана, тория, редких земель и металлов, но и золота (Коробейников и др., 1983), ртути (Оболенский, 1985) и ряда других элемен-

Геологические блоки, сложенные структурно-формационными комплексами девона-карбона, в меньшей степени триаса и юры, представляют собой дифференцированные радиогеохимические провинции с высокими параметрами сингенетичных накоплений урана.

На примере геологических формаций АССО можно четко зафиксировать все основные пространственно-временные закономерности распределения радиоактивных элементов в основных структурах земной коры, установленные Смысловым (1974).

Главнейшими эпохами и этапами сингенетичного накопления урана являются нижне-среднерифейская геосинклинальная, верхнерифейный, средне-континентальный и мезозойский тектоно-магматический.

При оценке перспектив АССО по радиогеохимическим данным необходимо подходить дифференцированно к различным геотектоническим блокам, представленным теми или иными структурно-формационными комплексами пород. Необходимо учитывать уровень эрозионного вскрытия того или иного блока. При этом наиболее благоприятными блоками земной коры будут те, в которых пространственно размещены радиогеохимически специализированные геологические формации различных этапов геотектонического развития.

Таковыми, на наш взгляд, являются области развития нижне-среднерифейских девонских и нижнекарбонных вулканогенно-осадочных и метаморфических образований и ареалы развития щелочно-гранитоидного и щелочно-альтоидного интрузивного магматизма этапов активизации, а в особенности, области их пространственного совмещения.

Анализ измерений радиогеохимических характеристик интрузивных пород, коррелированных с тектоно-магматической историей развития области (рис.1), показывает, что радиогеохимически специализированные на уран и торий породы формируются на этапах тектоно-магматической активизации, что соответствует данным и по другим районам мира.

Установленные тенденции в изменении радиогеохимических свойств в пределах всей области использованы нами для корреляции интрузивных пород между собой, объединения их в отдельные комплексы и сопоставления комплексов между собой (рис.1). Полученные диаграммы показывают, что интрузии, формирующиеся на этапе становления салаиро-каледонской геосинклинали, образуют непрерывный эволюционный ряд от ультрабазитов-базитов до гранитов нормальной щелочности. В этом ряду, в соответствии с ранее установленными закономерностями поведения радиоактивных элементов (Смыслов, 1974 и др.), наблюдается увеличение их концентрации с повышением кремнекислотности.

Щелочные интрузивные комплексы, формирующиеся на этапах сводового развития и тектоно-магматической активизации, в данный ряд не вписываются, хотя в ряду развития от щелочных базитов к щелочным гранитоидам устанавливается та же тенденция возрастания накопления радиоактивных элементов по мере возрастания кремнекислотности и щелочности.

Аналогичные тенденции в накоплении урана и тория наблюдаются в эффузивах, формирующихся на разных этапах геотектонического развития АССО (рис.2).

Сравнительный анализ радиогеохимических особенностей вулканитов среднего палеозоя АССО с вулканитами Мира, формирующимися в разных геодинамических обстановках, показывает, что эффузивы АССО образовались в обстановке, соответствующей континентальному рифту (Геодинамический анализ ..., 1989).

2. Среди всего разнообразия метасоматических формаций устанавливаются радиогеохимически специализированные метасоматические образования (Рихванов и др., 1984, 1989 и др.). К ним относятся карбонатиты, грейзены, кварц-полевошпатовые, кварц-серицит-пиритовые, кварц-альбит-гематитовые метасоматиты и локально развитые аргиллизиты, а также окремненные и флюоритизированные образования не установленной формационной принадлежности.

В высоко-среднетемпературных образованиях уран и торий ведут себя идентично, в низкотемпературных метасоматитах накапливается преимущественно уран. Величина торий-уранового отношения является четким индикатором изменения температуры и кислотности-щелочности среды (Рихванов и др., 1983, 1989, 1990, 1991 и др.).

Процессы метасоматической переработки существенно изменяют форму нахождения рудообразующих элементов. Так, из форм равномерного рассеяния уран перегруппировывается в формы микровключений собственных минералов. Гидротермальные процессы, формирующие ранние продукты метасоматоза (пропилиты, регионально развитые аргиллизиты, альбитофиры и калишпатофиры и др.), являются рудоподготовительными. Происходит автолизия минералов и минеральных агрегатов от урана, перегруппировка и существенное перераспределение с образованием субфоновых концентраций, фиксируемых при радиогеохимических исследованиях. При этом происходит существенное увеличение процента легковыщелачиваемого металла. Этот процесс следует рассматривать как первый рудоподготовительный этап формирования месторождений, особенно в тех случаях, когда гидротермальному преобразованию подвергаются специализированные формации (гранит-липаритовая и др.).

Основную роль эти процессы играли в пределах длительно развивающихся глубинных структур. Эти зоны характеризуются резко дифференцированным радио-

геохимическим полем с сочетанием зон выноса и привноса. Как правило, уран характеризуется избыточным контрастным распределением.

Основными эпохами эпигенетического перераспределения и накопления урана являются эпохи тектоно-магматической активизации (рис.3).

3. Установлена отчетливая тенденция изменения радиогеохимических особенностей рудных формаций Алтае-Саянской складчатой области в процессе ее развития.

Наблюдается общее увеличение содержания урана и тория от рудных формаций, формирующихся на ранних этапах развития геосинклинально-складчатой области, к рудным формациям, связанным с заключительными этапами ее формирования. При этом устанавливается отчетливое снижение торий-уранового отношения.

Рудные формации этапа тектоно-магматической активизации области (кобальт-никелевые, тантал-ниобиевые, флюоритовые и др.) характеризуются выраженной радиогеохимической специализацией (рис.4).

Процессы формирования гидротермальных неурановых месторождений сопровождаются существенным перераспределением радиоактивных элементов с образованием зон повышенных концентраций, что отчетливо фиксируется при радиогеохимических исследованиях различных масштабов.

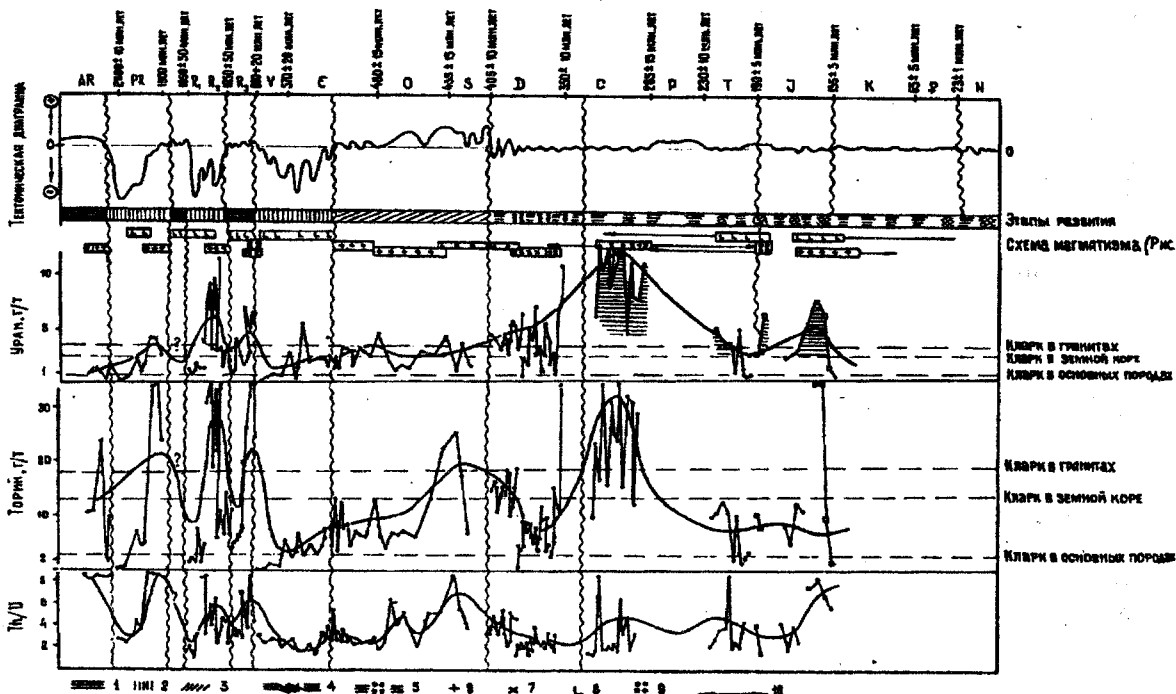
Среди рудных формаций Алтае-Саянской складчатой области выделяются урановорудные, урансодержащие и безурановые месторождения.

В рудных формациях, формирующихся на этапе тектоно-магматической активизации, наряду с ураном происходит накопление фтора, бора, олова, вольфрама, молибдена, редких земель, тантала, ниобия, скандия и других элементов, что позволяет рассматривать отдельные блоки земной коры Алтае-Саянской области как весьма перспективные на выявление оруденения литофильного типа, а сами месторождения можно использовать как комплексные (Рихванов и др., 1987, 1994, 1995 и др.).

Среди неурановых месторождений выделяются группы месторождения, имеющих комплексный характер (железо-урановые, золото-урановые, кобальт-никель-урановые, флюорит-урановые, тантал-ниобий-редкоземельно-урановые и др.).

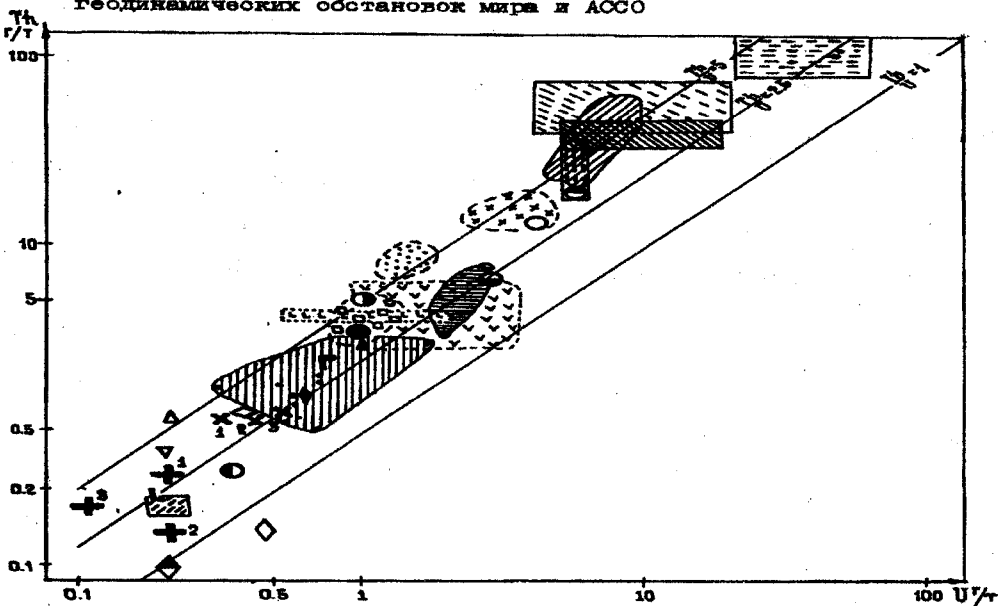
Сложный геохимический спектр многих гидротермальных месторождений области, в т.ч. и урановорудных, свидетельствует о полистадийности и полихронности формирования. Уран, бор, фтор, ртуть, талий, висмут, олово, редкие земли и некоторые другие элементы могут служить индикаторами проявления тектоно-магматической активизации региона.

Рис. 1 РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТРИЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ АССО, СКОРЕЛИРОВАННЫХ С ТЕКТВНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ИСТОРИЕЙ РАЗВИТИЯ



1-5: Этапы развития: 1. Платформенный и квазиплатформенный; 2. Геосинклинальный (без разделения на стадии); 3. Средняя и поздняя стадии развития; 4. Подвижная платформа с периодами тектоно-магматической активизации; 5. Сводово-глыбовый; 6-9: Магматизм: 6. Гранитоидный; 7. Шалочный фельзитовидный; 8. Базит-ультрабазитовый; 9. Карбонатитовый; 10. Возрастной интервал магматизма по данным абсолютного датирования.

Рис. 2. Радиогеохимическая типизация вулканитов различных геодинамических обстановок мира и АССО



Базальтоиды основных типов геодинамических обстановок (по Ваггаулт а.е., 1979):  $\Delta$  - толеиты СОХ N-типа;  $\nabla$  - толеиты СОХ E-типа; (по Wood а.е., 1979);  $\diamond$  - толеиты СОХ (МОЗВ);  $\Gamma$  - толеиты континентальных рифтов; 1 - микокалкелевые толеиты островных дуг;  $\square$  - базальты океанических островов. Вулканиты АССО: R, -  $\circ$ , R, -  $\circ$ , E -  $\circ$ , S<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>:  $\bullet$  - базальтоиды;  $\circ$  - липаритоиды;  $\oplus$  - трахитоиды;  $\ominus$  - N-Q базальты Гавай. Вулканиты мира:  $\boxplus$  - Q вулканиты центральной Европы (по Кононову и др., 1992);  $\blacktriangle$  - траппы плато Декан;  $\boxminus$  - кисло-щелочные вулканиты в трапповом поле плато Декан;  $\boxtimes$  - базальтовые стекла, Эфиопия, центральный Афар (по Watter а.е., 1987);  $\boxdot$  - андезит-базальты, Эфиопия;  $\boxtimes$  - кислые стекла и ридолиты, Эфиопия;  $\boxtimes$  - базальты срединно-океанических хребтов: 1 - Атлантика, 37°; 2 - Хуан-де-Бука; 3 - Рейкьявик (по Andrew а.е., 1989);  $\boxtimes$  - базальты океанических островов: 1 - Исландия; 2-3 - Гавай;  $\boxtimes$  - базальты Ионических островов. Поля вулканитов Пиренейской вулканодужной структуры (по Laszadi, 1986):  $\boxtimes$  - оливин-лецититы;  $\boxtimes$  - трахиты;  $\boxtimes$  - базальты. Вулканиты рифта Осоло (по Anthony а.е., 1989):  $\boxtimes$  - щелочные базальты;  $\boxtimes$  - базаниты;  $\boxtimes$  - ридолиты Сьерр-Пенья-Бланка, Мексика (по Maconthaler, 1987);  $\boxtimes$  - первая серия калиев вулканитов, вулкан Вико, центр. Италия (по Villemant а.е., 1989).

Рис. 2<sup>а</sup> Положение типовых интрузивных массивов Марининской тайги в полях U-Th

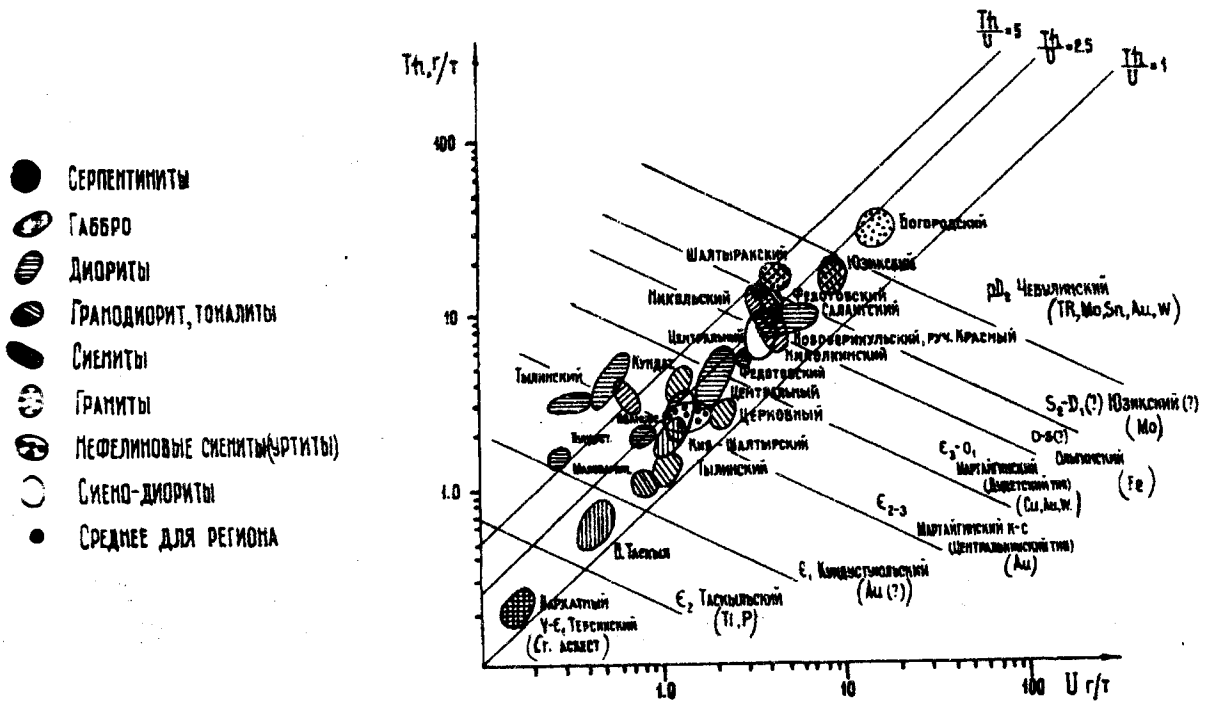


Рис. 2<sup>б</sup> Положение типовых интрузивных массивов восточного склона Кузнецкого Алатау в полях U-Th

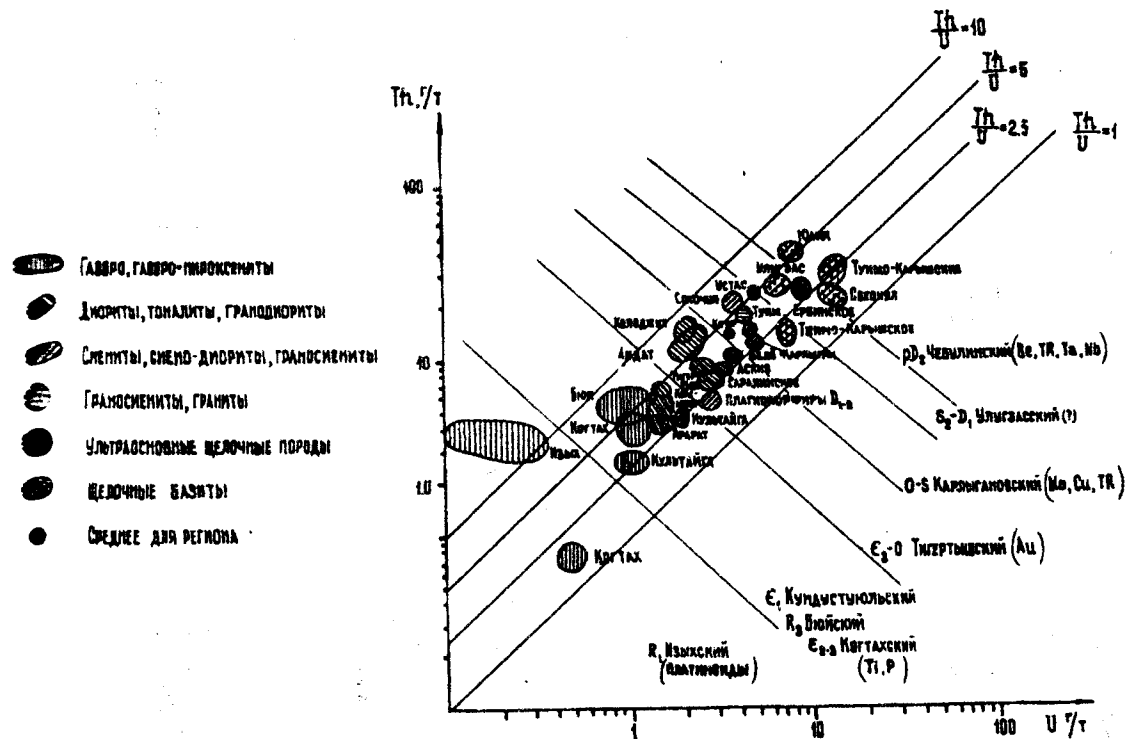
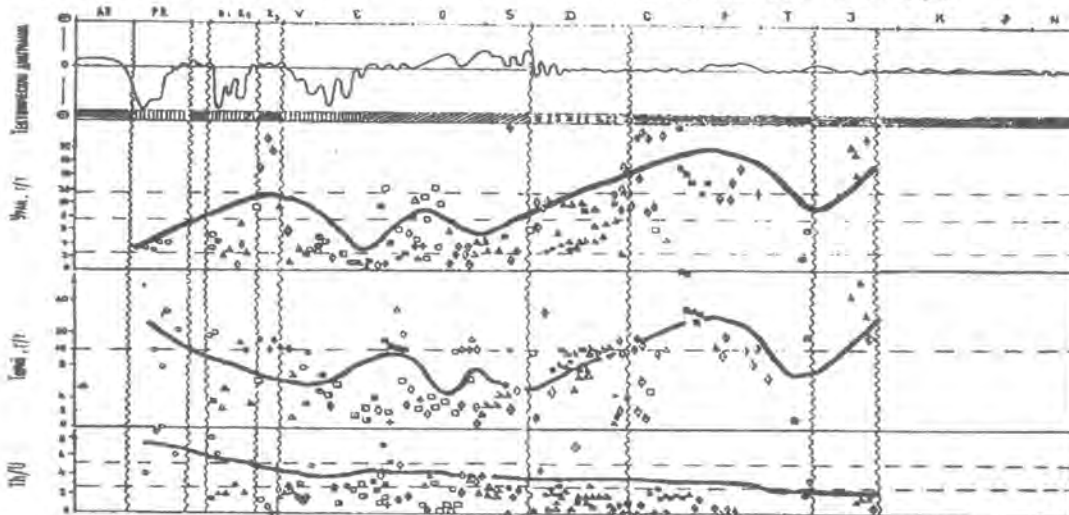




Рис. 3. РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ



01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 + 23

1-кремнекислые метасоматиты; 2-Фениты; 3-магнезиальные скарны; 4-магнезиальные метасоматиты; 5-изр. скарны; 6-щелочные метасоматиты; 7-серпентиниты; 8-грейзены; 9-карбонаты; 10-пропилиты; 11-вторичные кварциты, кварц-гидрослюдистый; 12-фельдшпатофиты; 13-листриниты; 14-березиты; 15-эйситы; 16-гумбеиты; 17-аргиллизиты, камофориты?; 18-кальцит-цеолитовые метасоматиты; 19-карбонат-кварцевые метасоматиты; 20-доломиты; 21-окремненные флюоритизированные породы; 22-кварц-серицит хлоритовая; 23-нефритовые метасоматиты.

Рис. 4 РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ АССО, СКОРРЕЛИРОВАННЫХ С ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ИСТОРИЕЙ РАЗВИТИЯ.

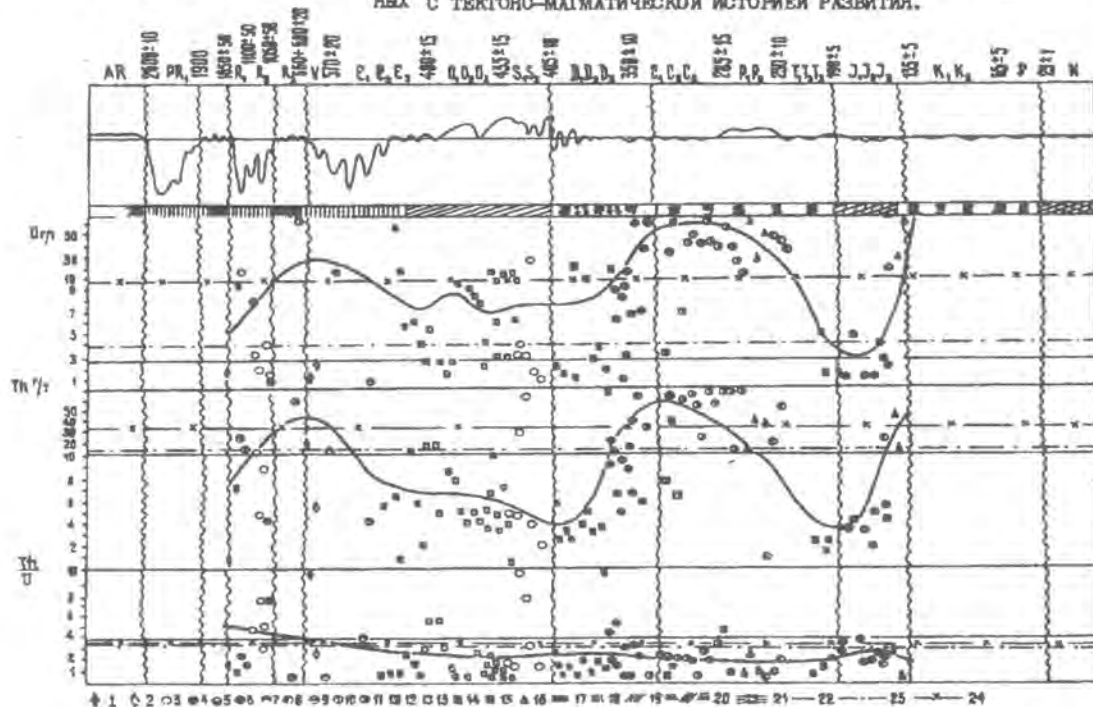


Рис. 4 1+16-Месторождения АССО: 1+2-гидротермально-осадочные: 1-полиметаллические; 2-баритовые; 3+11-гидротермальные: 3-золоторудные; 4-медно-молибденовые и свинцово-цинковые; 5-кобальт-никелевые; 6-рутные и сурьмяные; 7-неметаллические, кроме блюорита; 8-флюоритовые; 9-железорудные; 10-олозорудные; 11-редкометалльно-редкоземельные; 12+15-скарновые: 12-золоторудные; 13-медные, медно-молибден-вольфрамовые и полиметаллические; 14-железорудные; 15-редкометалльно-редкоземельные; 16-карбонатитовые; 17+21-этапы развития складчатой области: 17-платформенный и квазиплатформенный; 18-гессинклинальный (без разделения на стадии); 19-средняя и поздняя стадия развития гессинклинали; 20-подвижная платформа с этапами ТМА; 21-сводоро-глибовый; 22+24-среднее содержание радиоэлементов и их отношение: 22-для земной коры (по Тейлору и др., 1988); 23-для интрузивных комплексов АССО; 24-для гранитоидов этапа активизации.

Изотопно-стронциевые данные (Рихванов и др., 1990 и др.) свидетельствуют об активном участии в формировании гидротермальных месторождений области разветвления глубинного происхождения (карбонатиты, медно-молибденовые, урано-ванадиевые, флюоритовые и др.).

4. Установлено, что уровни накопления урана, тория, редких земель, тантала, скандия и некоторых других элементов, а также формы их нахождения в гидротермальных минералах (кальцит, доломит, анкерит, пирит, флюорит и др.) свидетельствуют о высокой информативности микрокомпонентов для изучения процессов формирования метасоматитов, руд по этапам и стадиям гидротермального процесса, а также проводить типизацию месторождений по уровню их накопления, решать вопросы генезиса, и использовать их для целей прогнозирования (Рихванов и др., 1983, 1986, 1990, 1992, 1995 и др.).

Принимая во внимание тот факт, что естественные радиоэлементы легко и с высокой степенью надежности определяются современными ядерно-физическими методами, то становится совершенно очевидным, что радиогеохимические исследования должны в обязательном порядке использоваться на различных стадиях геологических работ, а также и при разработке минералого-геохимических критериев и признаков локального прогнозирования.

## **РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РАДИОГЕННОЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЕ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ КОРЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

### **RADIOACTIVE ELEMENTS AND RADIOGENIC HEAT PRODUCTION IN THE CRYSTALLINE CRUST OF THE SIBERIAN PLATFORM**

Ножкин А.Д., Туркина О.М.

Объединенный Институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, Новосибирск, Университетский пр., 3, тел. (3832) 351361,  
факс (3832) 352696, E-mail turkina@uiggm.nsc.ru

Анализ радиогеохимических данных и оценка теплогенерации выполнены в отношении Алданского, Анабарского щитов, Ангаро-Канского кристаллического выступа и эрозийной складчатой системы Енисейского кряжа. В сравнительном плане анализированы аналогичные материалы по району Кольской сверхглубокой скважины (СГС) северо-восточной части Балтийского щита (Kremenetsky et al., 1989; Назнев, Петров, 1992). Геологической основой проведенных исследований послужили формационные карты выступов кристаллического основания (Попов и др., 1992; Розен, 1991; Ножкин, 1994), а также геолого-геофизические разрезы земной

коры щитов (Стогний, Смелов, 1993). Расчеты интенсивности радиогенной теплогенерации осуществлены на основе обширной базы данных (около 20 тыс. проб) по теплопродуцирующим радиоактивным элементам (РАЭ) (U, Th, K).

Выявлена резкая радиогеохимическая неоднородность разных блоков архейского кристаллического основания Сибирской платформы. Она характерна как для гранит-зеленокаменных, так и гранулитогнейсовых провинций. Инфракрустальные серогнейсовые тоналит-трондьемитовые комплексы Батомгского блока Алданского щита в 3 раза обеднены наиболее инертным при метаморфизме Th в сравнении с таковыми Чаро-Олекминского блока. Вследствие этого и радиогенное тепловыделение в них в 2 раза ниже. В гранулитогнейсовых областях самая низкая радиоактивность зафиксирована в кристаллосланцево - эндербитогнейсовых (курультинском, анабарском) комплексах с тепловыделением 0,3-0,5 мкВт/м<sup>3</sup> (Ножкин и др., 1994; Розен, 1992), что обусловлено как пониженным содержанием РАЭ в протолите, так и последующим выносом, особенно U, при метаморфизме. Максимально обогащены РАЭ высокодифференцированные, неоднократно гранитизированные чарнокит-гранулитовые комплексы верхней коры, развитые в Центрально-Алданской области (Чугинский, Нимнырский блоки) и на юго-западе Сибирской платформы (канский комплекс) (табл.1). Радиогенная теплогенерация в них в 4-5 раз выше, чем в курультинском. В пределах блоков радиогеохимическая и геотермическая неоднородность приповерхностного слоя усиливается наличием, с одной стороны, высокодифференцированных сиалических комплексов: докембрийских натрий-калиевых гранитоидов, фанерозойских субщелочных вулканоплутонических образований, обогащенных РАЭ, а с другой - развитием обедненных РАЭ феррических комплексов - зеленокаменных поясов, базит-ультрабазитовых плутонов и др. Максимальное тепловыделение фиксируется в тектонических зонах с высокордиоактивными субщелочными и щелочными интрузиями и метасоматитами, несущими U-Th-ую минерализацию (Мурунский щелочной комплекс, Гаревский гранитный массив, зоны Эльконского горста и др.).

Дифференцированность приповерхностного тепловыделения сглаживается в более глубоких горизонтах коры. Средневзвешенное радиогенное тепловыделение верхнекорового слоя (до глубины 12-20 км), определяющееся преимущественно радиогеохимическими параметрами инфракрустального комплекса, изменяется между отдельными блоками, как правило, не более чем в 2-3 раза (табл.2). Максимальных величин (до 2 мкВт/м<sup>3</sup>) верхнекоровое тепловыделение достигает в Центрально-Алданском мегаблоке и Центральном блоке Енисейского кряжа, что обусловлено как составом их инфракрустальных чарнокит-гранулитовых комплексов, так и, в последнем случае, высокой теплогенерацией мощного протерозойского осадочно-метаморфического слоя. На среднем и нижнем уровнях коры выявляется прак-

Таблица 1

**Содержание радиоактивных элементов и теплогенерация в верхем слое кристаллической коры Сибирской платформы**

Щит (массив), блок, слой	U, г/т	Th, г/т	K, %	A, мкВт/м <sup>3</sup>
<b>Алданский щит</b>				
Чаро-Олекминский блок	1.4	9.8	2.37	1,27
Курультинский	0.8	2.8	1.76	0.58
Зверевский	1.0	4.7	1.30	0.74
Чугинский	2.4	19.7	3.05	2.34
Нимнырский	1.7	14.3	2.96	1.80
Суннагинский	1.3	10.6	2.06	1.36
Учуро-Гонамский	1.2	9.0	2.28	1.19
Тырканский	1.2	6.5	1.90	0.98
Тыркандинский	0.9	4.8	2.10	0.81
Холболохский	1.5	8.6	1.70	1.16
Сеймский	1.1	6.2	1.64	0.90
Мелемкенский	1.0	9.6	2.42	1.15
Сутамский	1.8	11.0	2.04	1.48
Батомгский	1.7	6.7	2.06	1.15
<i>Верхний слой щита</i>				1.36
<b>Анабарский щит</b>				
Халчанский блок	1.7	7.9	1.78	1.18
Далдынский	0.5	2.3	1.22	0.41
Маганский	0.7	3.1	1.71	0.56
Котуйканская и Билляхская зоны	1.0	8.8	2.5	1.22
<i>Верхний слой щита</i>				0.76
<b>Енисейский кряж</b>				
<u>Заангарский регион</u>				
Центральный блок	2.5	13.2	2.52	1.83
Восточный	2.1	8.5	1.65	1.30
Северо-Западный	1.4	7.2	1.45	1.00
<i>Осадочно-метаморфический слой</i>	2.2	10.8	2.07	1.54
<u>Ангаро-Канский регион</u>				
Гранулитогнейсовый слой	1.3	17.1	2.75	1.85

Принятые расчетные величины тепловыделения среднего "диоритового" или "эндербитового" слоя (0,46-0,51 мкВт/м<sup>3</sup>) близки теплогенерации эндербитогнейсового комплекса Курультинского блока Алданского (0,52 мкВт/м<sup>3</sup>) и метабазит-плагиогнейсовой формации Анабарского щитов (0,41 мкВт/м<sup>3</sup>). Последние, судя по геофизическим параметрам и составу, могут являться аналогами породных ассоциаций средней коры, что свидетельствует о корректности полученных модельных оценок. Модельные значения теплогенерации нижнекорового слоя, обладающего, судя по геофизическим характеристикам, составом, близким к базитовому, варьирует от 0,08 до 0,13 мкВт/м<sup>3</sup>. Достоверность принятых значений подтверждается их сопоставимостью с величинами, рассчитанными на основании радиогеохимических

параметров нижнекоровых ксенолитов севера Сибирской платформы (0,08 мкВт/м<sup>3</sup>) и протокоровых реститов для Кольского мегаблока (0,15 мкВт/м<sup>3</sup>), а также с опубликованными оценками теплогенерации нижних уровней докембрийской коры (Kremenetsky et al., 1989). Вариации суммарной радиогенной теплогенерации на всю мощность коры (до 40-50 км) отражают главным образом изменения этого параметра для верхнекорового слоя, вклад которого составляет 60-80%. Сопоставление величин радиогенного тепловыделения в земной коре с замеренными тепловыми потоками показывает, что коровая составляющая изменяется в пределах 60-80% от внутриземного потока. Для Алданского щита и Енисейского кряжа такой вклад достигает 70-80%, для Анабарского - около 60%.

Таблица 2

**Радиогенная теплогенерация в земной коре**

Слои коры	Алданский щит					Енисейский кряж			Анабарский щит	Кольский мегаблок	
	Мегаблоки					Блоки					
	Чаро-Олекминский	Курультино-Зверевский	Центрально-Алданский	Восточно-Алданский	Батомгский	Северо-Западный	Центральный	Восточный			
Верхний Осадочно-метаморфический	0					0	0.69	2.25	1.6	0	0
Гранулитогнейсовый	1.01 12-20 км	0.56	2.05	1.01	0.63	10 км	0.59	1.85	0.94	0	7 км
						20 км				0.76	17 км
Средний	0.46 30-35 км	0.46	0.46	0.49	0.46	35 км	0.47	0.47	0.47	10 км	0.6
										0.41	20 км
Нижний	0.11 40-50 км	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	30 км	0.18	0.15
									40-50 км	0.08	
<b>Земная кора</b>	0.58	0.38	0.85	0.53	0.41	50 км	0.43	1.0	0.66	0.36	0.63

Анализ радиогенной теплогенерации свидетельствует о более дифференцированном распределении радиогенных источников тепла в коре в сравнении с тем, что представляется на основании ограниченного числа замеров теплового потока. Для центральных частей Алданского щита и Енисейского кряжа показано, что аномалии радиогенного тепловыделения могут в 1,5-2 раза превышать усредненные фоновые их значения по тепловому потоку.

## РАДИОГЕННАЯ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИЯ В ЗЕМНОЙ КОРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

ASIA RADIOGENIC PRODUCTION IN EARTH'S CRUST OF NORTH-EASTERN ASIA

Пузанков Ю.М., Дучков А.Д.

Объединённый Институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3, тел. (3832) 351361,  
факс (3832) 352692

Тепловой поток, возникающий при распаде естественных радиоактивных элементов (РАЭ), является важной составной частью теплового потока, измеряемого на поверхности Земли и характеризующего энергетическое состояние литосферы в целом, а также отдельных ее мегаблоков, имеющих различное строение и геологическую историю. Выполненная работа представляет собой опыт обобщения литературных, отчасти фондовых и авторских материалов о содержаниях U, Th, K как источников тепла в крупных геологических телах - кристаллических массивах, складчатых комплексах и покровных образованиях, развитых в пределах Северо-Восточной Азии и образующих земную кору этого региона. Значения интенсивности радиогенной теплогенерации (A) рассчитывались общепринятым методом. Полученные величины для наблюдаемого слоя верхней коры приведены в табл. 1.

Территория Северо-Восточной Азии включает Сибирскую платформу, объединяющую ее перикратонные и эпикратонные сооружения, а также складчатые комплексы ортогеосинклиналей, рассматриваемые с позиций тектоники плит как покровно-глыбовый коллаж байкалид и каледонид, возникший на месте палеоазиатского океана. В геотермическом отношении наибольший интерес представляет кристаллический фундамент этих структур, прямо или опосредованно определяющий распределение радиогенных источников тепла в земной коре. Анализ геофизических материалов привел исследователей к выводу, что под осадочным чехлом Сибирской платформы абсолютно преобладает раннеархейский комплекс, частично переработанный в нижнем протерозое. Между вытянутыми глыбами этого комплекса развиты шовные зеленокаменные прогибы, а на сами глыбы наложены впадины удоканского типа. Перикратонные прогибы имеют, вероятно, тот же фундамент, однако степень его переработки существенно выше, что связано с формированием осадочно-метаморфического слоя, выполняющего эти прогибы. Существенная часть "горячих компонентов" вынесена из фундамента при становлении гранито-гнейсовых куполов, при извержениях риолитоидов вороговского и акитканского типов. Проблема древнего дорифейского комплекса в фундаменте эпикратонных сооружений и ортосинклиналей, его непрерывности или фрагментарности, должна рассматриваться применительно к конкретным регионам. Блоки сиалического фундамента, там, где они



существуют, претерпели значительную тектоническую деструкцию и геохимическое перерождение.

В составе архейских наслоений Сибирской платформы по величинам  $A$  выделяются две породные ассоциации, одна из которых относится к нижнекоревым дифференцированным образованиям, эксгумированным на поверхность ( $0.4-0.6$  мкВт/м<sup>3</sup>), другая характеризуется высокой степенью разнообразия радиогеохимических и геотермических показателей ( $0.8-2.4$  мкВт/м<sup>3</sup>) и формирует основную часть теплогенерирующего слоя в верхней коре кристаллических щитов. Тектоническое скучивание обусловило появление геоблоков с промежуточными характеристиками. Архейский комплекс обнаруживает неявно выраженную зональность: наиболее теплотворные образования приурочены к юго-западному и южному краям Сибирской платформы ( $0.8-1.9$  мкВт/м<sup>3</sup>), выступы на востоке платформы (Батомгский) и за ее пределами в области эпикратонной складчатости (Охотский, Омолонский и др.) характеризуются умеренно низкой теплогенерацией ( $0.5-0.8$  мкВт/м<sup>3</sup>), в центральной части кратона (Анабарский щит) развиты наименее радиоактивные комплексы ( $0.4-0.6$  мкВт/м<sup>3</sup>). Однако отделить собственно раннеархейские геотермические показатели от наложенных нижнепротерозойских и более поздних искажений возможно далеко не везде. Почти повсеместно проявленная гранитизация, в широком понимании этого термина, существенно влияет на тепловое поле. Но и в этом случае, даже более отчетливо, проявляется связь повышенной теплогенерации с периферией кратона - со складчатыми комплексами перекратонных опусканий ( $1.4-2.0$  мкВт/м<sup>3</sup>), краевыми выступами фундамента ( $1.4-2.4$  мкВт/м<sup>3</sup>), магматическими поясами, приуроченными к зонам сочленения архейского основания с его протерозойским складчатым обрамлением ( $2.5-7.5$  мкВт/м<sup>3</sup>). Напротив, низкий уровень теплогенерации в центральных частях платформы ( $0.46-1.1$  мкВт/м<sup>3</sup>) подчеркивается широким развитием низкорadioактивных карбонатных отложений в ее чехле.

Складчатые комплексы ортогеосинклиналей, обрамляющих Сибирскую платформу, отчетливо разделяются по распределению стационарных источников тепла на два типа. К первому относится Забайкалье, где широко проявлен фанерозойский гранитоидный магматизм как результат переплавления древнего сиалического субстрата, а суммарная теплогенерация в поверхностном слое соответствует  $1.9-2.0$  мкВт/м<sup>3</sup>, ко второму - Алтае-Саянская область с умеренным развитием гранитизации вследствие фрагментарного распространения сиалического слоя и общей теплогенерацией верхней коры  $0.7-1.3$  мкВт/м<sup>3</sup>. Теплогенерирующие свойства гранитоидных комплексов ( $1.2-3.8$  мкВт/м<sup>3</sup>) прямо коррелируются со средней теплогенерацией вмещающих их блоков континентальной коры, что свидетель-

стает, вероятно, о размещении основной массы гранитоидных массивов в недрах теплогенерирующего слоя.

Полученная информация представляет интерес для интерпретации распределения теплового потока (ТП) и уточнения природы аномалий. Совместный анализ величин А и ТП показывает, что их значения прямо коррелируются в геоблоках со стационарным температурным режимом, но эта зависимость отсутствует там, где тепловое поле деформировано, например, конвективными процессами (Байкальская рифтовая зона, Камчатка и т.д.).

Таблица 1

Геоблоки	А, мкВт/м <sup>3</sup>	Геоблоки	А, мкВт/м <sup>3</sup>
<u>Фундамент Сиб. платформы</u>		Приенисейский, Вост. зона	1,41
Норо-Олекминский	1,27	<u>Эпикратонные области</u>	
Арультино-Зверевский	0,69	Охотский массив	1,00
Центрально-Алданский	2,20	Омолонский	0,92
Восточно-Алданский	1,10	Центрально-Камчатский	0,82
Батомгский	1,15	Восточно-Камчатский	0,34
Набарский	0,76	Яно-Колымская зона	1,71
Ангаро-Канский	1,96	<u>Ортогеосинклинали</u>	
Эноксинский	2,05	Байкальск. горн. область	1,82
Кенский	1,42	Юго-Восточн. Забайкалье	1,96
Сарькалгайский	1,02	Сев. - Вост. Монголия	1,87
<u>Челюск. платформы</u>		Протеросаянский геоблок	1,32
Оло-зап. и южн. р-ны	0,77	Хакасско-Саянский	1,06
<u>Терикратонные прогибы</u>		Кузнецко-Алтайский	1,01
Тенисейский, Ц.зона	1,97	Салаирский	0,68

**УРАН, ТОРИЙ И КАЛИЙ В ВУЛКАНИТАХ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ  
ОСТРОВНЫХ ДУГ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА ТИХОГО ОКЕАНА**  
URANIUM, THORIUM AND POTASSIUM IN VOLCANICS AS EVOLUYTION  
INDICATORS OF ISLANGD ARCS OF THE WEST PACIFIC

Житков А.С.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022, Россия, г. Владивосток,  
пр. 100-летия, 159, тел. 46-13-64

Для вулканитов континентальных и океанических областей установлена глобальная геохимическая закономерность - постоянство отношения K/U равное  $1 \cdot 10^4$  независимо от состава пород при отношении Th/U - 2-5 (Wasserburg, 1964). Однако исследования последних лет (Житков, 1990) показали, что вулканиты островодужных систем, сформированных на коре океанического типа (Идзу-Бонинская, Марьянская, Лау и Тонга), отличаются от вулканитов других геологических структур по величине K/U отношения. В вулканитах этих островных дуг K/U отношение равно (3-



$5 \cdot 10^4$ ). Исследования пространственного и временного распределения различных вулканогенных комплексов островодужных систем позволяют установить зависимость геохимических параметров магм от тектонической обстановки, существовавшей в период их формирования и подойти к решению основополагающей проблемы генезиса островодужных магм. Для построения моделей эволюции островных дуг исследованы геохимические параметры лав как островных дуг, так и области их стыка с континентальными блоками.

Далеко выдвинутые в океан вулканические дуги (Марианская, Идзу-Бонинская, Тонга и Лау) заложены на коре океанического типа. На графике К-У точки концентраций этих элементов в вулканитах хребтов Лау и Тонга образуют два тренда.

Тренд пород дуги Тонга прослеживается от базальтов о-ва Тафахи к андезитобазальтам о. Лейт и далее к андезитам о. Фонуалей. Концентрации Th, U и K положительно коррелируют с кремнекислотностью вулканитов при незначительном повышении величины отношения K/U от  $1.8 \cdot 10^4$  до  $3 \cdot 10^4$ .

Вулканиты дуги Лау образуют тренд от базальтов и андезитобазальтов формации Коромбасанга о. Вануа Мбалау к андезитам этого острова. Резкое повышение концентрации урана от 0,0001% до 0,0005% в ряду базальт - андезит сопровождается незначительным увеличением содержания калия в той же последовательности, что привело к понижению величины отношения K/U от  $5 \cdot 10^4$  до  $3 \cdot 10^4$ . В отличие от вулканитов дуг Лау и Тонга вулканиты Марианской дуги (скв. 458 и 458В) образуют единое поле (рисунок) без существенного различия пород по концентрации урана и тория в широком диапазоне кремнекислотности от базальтов до бонинитов, но с повышением содержания калия в этом ряду. K/U отношение в лавах Марианской островной дуги в среднем составляет  $5 \cdot 10^4$ . Базальты палеоостровной дуги Кюсю-Палау (скв. 448) отличаются от аналогов других островных дуг пониженной глиноземистостью и высокой титанистостью, однако, на графике K/U они ложатся в поле составов вулканитов Марианской дуги.

Вулканический комплекс Курило-Камчатской дуги формировался как на континентальной, так и на океанической коре. Четвертичные вулканиты этой дуги образуют на графике К-У тренд в узком диапазоне концентраций урана  $(0,2 - 0,4) \cdot 10^{-4}\%$  при незначительном повышении содержания калия от базальтов к андезитам. Базальты и андезитобазальты позднемелового-палеогенового разреза Малой Курильской дуги, Срединного и Восточного хребтов Камчатки характеризуются близкими геохимическими параметрами. Все они имеют низкие концентрации урана и тория, высокое K/U отношение -  $(2-12) \cdot 10^4$ , нормальное для магматических пород отношение Th/U - 1,5-5.

Вулканический комплекс, представленный магмами известково-щелочной серии Японской и Новозеландской дуг, формировался на коре континентального типа. Породы этого комплекса обогащены ураном, торием и калием относительно вулканитов дуг с корой океанического типа. Тренды известково-щелочных магм вулкана Токами (о-в Хоккайдо) (Katsui, 1978) и вулканической зоны Тауно (о-в Северный) (Cole, 1979) Японской и Новозеландской островных дуг занимают обособленное положение на графике К-У в области низких отношений К/У. Поля концентраций урана и калия в вулканитах этих дуг с корой континентального типа ложатся в области поля магм внутриконтинентальных вулканических поясов. Увеличение содержания калия в этих лавах сопровождается пропорциональным увеличением содержания тория и урана без заметного изменения величины отношения К/У, равной в среднем  $\approx 10^4$ .

На стыке дуг, сформированных на континентальной и океанической коре, изменение геохимических параметров происходит резко в узкой полосе стыка. При сходстве петрохимических составов лав Японских и Курильских островов лавы о-ва Хоккайдо характеризуются более высокими концентрациями урана и тория и постоянной величиной К/У отношения. Только лавы вулканов Машу и Ми-Акан, расположенных на продолжении вулканических построек о-ва Кунашир - Тятя, Менделеева и Головнина проявляют сходство по этим параметрам с лавами Большой Курильской гряды. Их показатели образуют тренд, показывающий появление признаков островных магм, заключающихся в более быстром возрастании содержания калия относительно урана и тория. Подтверждением закономерности изменения геохимических параметров лав области стыка островной дуги на океанической коре с дугой на континентальной коре являются районы стыка Идзу-Бонинской дуги и о-ва Хонсю, дуги Тонга и хр. Кермадек.

Изложенные выше данные по островным дугам западной части Тихого океана позволяют сделать следующие выводы:

1. Вулканиты островных дуг, заложившихся на коре океанического типа, имеют высокие значения отношения К/У -  $(2-10) \cdot 10^4$ . Высокие и варьирующие величины отношения К/У в вулканитах этих дуг характерны для всех петрохимических серий (толеитовой, известково-щелочной и бонинитовой), что отличает их от аналогичных пород континента с К/У отношением в среднем  $1 \cdot 10^4$ .

2. Островные дуги на коре океанического типа по геохимическим параметрам вулканитов характерны только для Тихого океана (Курило-Камчатская, Идзу-Бонинская, Марианская, Ново-Гебридская, Лау и Тонга). Эти дуги не имеют аналогов на континентальных блоках, ни в других океанах.

3. По величине концентрации урана и тория и отношения К/У в среднем  $\approx 10^4$ , вулканиты Японской и Новозеландской островных дуг с хорошо развитой кон-

тинентальной корой близки вулканитам внутриконтинентальных вулканогенных структур.

4. Отличие вулканитов дуг с корой континентального типа от дуг с корой океанического типа проявляется не только по содержанию калия и величине отношения  $K/U$ , но и по более высокому темпу накопления урана и тория в кислых дифференциатах.

5. Петрохимическое различие вулканитов эпиокеанических и эпиконтинентальных островных дуг обусловлено различием состава коры - симатического для первых и сиалического для вторых. Различие геохимических и изотопных параметров лав обусловлено как условиями плавления, так и степенью предварительной переработки (метасоматоз, метаморфизм) корового материала.

6. Островными дугами целесообразно считать только те, которые сформировались на коре океанического типа (Лау и Тонга, Ново-Гебридская, Марианская и Кюсю-Палау, Идзу-Бонинская, Курило-Камчатская). Состав вулканитов этих дуг специфичен по своим геохимическим параметрам. Вулканические пояса (Японский, Новозеландский и Кермадек), сформированные на коре континентального типа, можно охарактеризовать как окраинно континентальные.

## **РАДИОГЕОХИМИЯ ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИХ И КАЙНОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ**

### **RADIOGEOCHEMISTRY OF THE UPPER MESOZOIC AND KAINOZOIC MAGMATIC COMPLEXES FROM THE KURILE-KAMCHATKA ISLAND ARC**

Пузанков Ю.М.

Объединённый Институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3  
тел. (3832) 351361, факс (3832) 352692, E-mail tikunov@uiggm.nsk.su.

Тектонические сооружения, формирующие Курило-Камчатскую островодужную систему в современном ее виде, приурочены к восточной части Охотоморской плиты, образующей континентальный край, и прилегающим структурам Тихого океана. В их составе выделяются кристаллический фундамент, аккрецированные позднемезозойские осадочно-вулканогенные наслоения и собственно островодужные кайнозойские образования. Геохимическая типизация и сопоставление магматических формаций внутренней и внешней зон островодужной системы являются предметом настоящего доклада, в котором суммируются результаты многолетних исследований, характеризующих распределение U, Th, K в структурно-

ественных комплексах Камчатки, Корякского нагорья, Командорских и Курильских островов. Эти исследования базируются на прецензионных гамма-спектрометрических и согласованных с ними нейтронно-активационных определениях (около 3,5 тыс. проб), выполненных в ОИГГИМ СО РАН по единой методике с соблюдением метрологических требований.

Изверженные образования в составе позднемезозойских, преимущественно меловых, и раннепалеогеновых осадочных и осадочно-вулканогенных отложений проявлялись в структурных обстановках узких трогов, рифтовых прогибов и аркальной зоны, представлявшей собой островной архипелаг. В пределах линейных депрессионных структур изливались низкокальциевые толеитовые базальты, ассоциирующиеся с офиолитовыми массивами гипербазитов и габброидов, а в некоторых случаях с извержениями кислой магмы. В аркальной зоне формировались щитовидные вулканы, сложенные толеитами, щелочно-оливиновыми и субщелочными базальтами, а в недрах магматических систем - расслоенные интрузивы ультрабазитового, реже габбро-сиенитового составов. Для этой же структурной обстановки характерны проявления мелапикритов и щелочно-ультраосновных вулканических пород. В изверженных базитах рассматриваемого мегакомплекса отмечены широкие вариации порообразующих окислов:  $TiO_2(0,4-2,7)$ ,  $K_2O(0,12-7,3)$  и т.д., а средний химический состав отвечает субщелочному толеитовому базальту и примерно одинаков для западной и восточной тектонических зон Камчатки. Содержания U и Th в мел-палеоценовых базитах выходят за пределы океанического класса пород. Минимальные концентрации РАЭ присущи рифтовым базальтам восточной окраины Камчатки, тогда как для аркальных вулканитов радиоактивность весьма разнообразна. В целом, количество Th в породах колеблется от 0,1 до 11,3 мкг/г, а U - в пределах 0,05-2,5 мкг/г. Содержания этих элементов в литокомплексах различного состава перекрываются, образуя единый тренд с явно выраженным минимумом в области 1,0 мкг/г для Th и 0,5 мкг/г для U. В низкорadioактивных базальтах Th-U отношения не превышают 2,0, с увеличением радиоактивности пород возрастают и величины Th/U (более 2,5). Повышенные концентрации РАЭ присущи более лейкоцитным и глиноземистым разновидностям базитов по сравнению с меланократовыми и андезитовыми вулканитами, часто независимо от вариаций щелочности, в том числе от содержаний калия. "Размытая" корреляция между U и Th с одной стороны, с другой - обусловлена флюидным ощелачиванием расплавов, калиевым метасоматозом и водородными преобразованиями пород. В результате меловые базальты часто обогащены K относительно U, что является характерным признаком рассматриваемого мегакомплекса, отличающим его от кайнозойских островных образований. По радиогеохимическим характеристикам камчатские и курильские мел-палеогеновые вулканиты близки между собой.

В начале палеогена позднемезозойские осадочно-вулканогенные толщи были тектонически скучены, и с эоценового времени в пределах современной Камчатки и прилегающей акватории закладываются протяженные вулканические пояса (дуги), а в позднем миоцене начинает формироваться современная структура Курило-Камчатской островодужной системы. Средний химический состав кайнозойских вулканогенных образований типичен для островных дуг Земли. Эоцен - раннемиоценовые вулканы представлены толеитовой, известково-щелочной и субщелочной сериями; миоцен-четвертичные изверженные породы более разнообразны, к указанным сериям добавляются высококальциевая известково-щелочная, шошонит-латитовая, щелочнобазальтоидная, щелочнобазальт-комендитовая и др., формирующиеся в геодинамических обстановках чередующихся сжатий и растяжений. Содержания РАЭ увеличиваются от базальтов к риолитам и от низкокальциевых толеитов к щелочным образованиям. Исключения относятся к щелочнокремнекислым вулканикам, для которых снижение радиоактивности в конечных членах серий связано с особенностями фракционирования щелочных расплавов. Размах средних содержаний Th и U в базальтах различных серий: 0,54-5,2 мкг/г и 0,32-2,4 мкг/г. Сопоставимые величины получены для продуктов фракционирования расплавов (риолитов, трахириолитов и др.), в которых средние вариации РАЭ составляют 3,4-8,7 мкг/г (Th) и 1,9-5,0 мкг/г (U). Наиболее высокие из частных значений концентрации РАЭ отмечены в миоцен-плиоценовых трахидацитах юга Корякского нагорья и на Камчатском перешейке (Th- 25 мкг/г, U-14 мкг/г). Величины Th/U, характерные для островодужных вулкаников, весьма выдержанные, их обычные колебания как в основных, так и в кислых породах ограничены пределами 1,5-2,0 для Камчатки и Командорских о-вов, 2,5-3,0 для Курил. Исключением являются щелочные эффузивы, где соотношения Th и U в среднем несколько выше, хотя среди них известны породы с аномально низкими значениями Th/U, например трахиит-гнимбриты кальдеры Уксичан. U, Th, K всегда тесно скоррелированы как в объемах породных групп, так и серий в целом. Коэффициенты парной линейной корреляции обычно колеблются в пределах 0,8-0,9. Связи РАЭ с другими компонентами состава неустойчивы и изменяются от 0 до  $\pm 0,6$ .

Радиогеохимические свойства кайнозойского вулканизма Камчатки и Курил пространственно упорядочены относительно главных структурных элементов островодужной системы. За показатель упорядоченности приняты коэффициенты линейной связи между содержаниями РАЭ в "расчетном андезитобазальте" ( $\text{SiO}_2=55$  мас.%), полученными по сериальным трендам для каждого объекта опробования, и расстояниями до вулканического фронта, глубоководного желоба и поверхности Мохо. Величины коэффициентов в целом для островодужной системы составляют для калия 0,61, 0,47, 0,29, для урана 0,42, 0,36, 0,19, для тория 0,35, 0,27, 0,19 (уровень

значимости 0,14 при вероятности 0,95). Изменения радиогеохимических свойств четвертичных вулканических пород вдоль Курило-Камчатской островной дуги выражено в систематическом увеличении содержаний Th, в "расчетном андезитобазальте" от северной части Восточной Камчатки до Северного Хоккайдо при близких концентрациях U и K за счет чего возрастают величины Th/U. Устойчивое увеличение содержания на столь протяженном расстоянии свидетельствует о радиогеохимической неоднородности верхней мантии и (или) влиянии других факторов, к числу которых можно отнести более высокое положение мантийного диапира под Южными Курилами, различия в геодинамическом режиме проявления вулканизма, большую мощность земной коры на курильском отрезке дуги по сравнению с Восточной Камчаткой и т.д.

Таблица

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SO <sub>2</sub>	48.9	49.2	51.6	51.9	50.1	52.9	57.9	56.1	58.0	57.5	57.1
CO <sub>2</sub>	1.60	0.79	0.80	1.02	0.98	0.58	0.84	0.96	0.90	0.91	0.78
K <sub>2</sub> O	15.6	15.4	15.9	15.0	15.0	16.3	16.7	16.6	16.5	16.8	17.3
FeO	10.7	8.82	8.35	9.02	8.72	7.12	6.27	6.90	6.34	6.97	7.50
MgO	6.26	7.16	5.48	5.39	7.55	5.26	3.62	4.18	3.76	3.93	3.50
CaO	8.60	9.32	7.71	7.47	8.23	5.13	5.94	7.57	5.98	6.67	7.79
Na <sub>2</sub> O	3.60	3.06	3.24	3.35	3.23	3.87	3.53	3.72	3.52	3.53	3.16
SiO <sub>2</sub>	0.63	1.52	2.22	2.01	1.35	4.38	1.68	1.52	2.33	1.62	1.27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	0.23	0.32	0.31	0.24	0.54	0.17	0.26	0.28	0.21	0.18
Ti	0.38	0.56	3.3	1.6	1.85	2.3	3.5	0.87	3.5	2.0	2.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.27	1.1	0.57	0.68	0.89	1.4	0.51	1.8	1.1	1.0
Th/U	1.9	1.85	3.05	2.7	2.3	2.6	2.3	1.7	1.9	1.85	2.7
N	59	109	101	78	234	17	133	74	1175	1010	393

1-6. Мел-палеоценовый комплекс. 1. Базальты рифтовых зон. 2,3. Эффузивы артезиальной зоны: низкорadioактивные базальты (2), высокорadioактивные базальты, андезитобазальты (3). 4-6. Средние составы: Западная Камчатка (4), Восточная Камчатка (5), Южные Курилы (6\*) 7-11. Кайнозойский комплекс (средние составы). 7,8. Эоцен-раннемиоценовые вулканииты: Камчатки (7), Командорских островов (8). 9-11. Миоцен-четвертичные вулканииты: Центральной Камчатки (9), Восточной Камчатки (10), Курильской гряды и Северного Хоккайдо (11). N - количество проб. \* - по А.А. Цветкову и др., 1993; остальные по данным автора.

Итак, комплекс аккрецированных мел-палеоценовых ультрабазит-базитов и сопутствующих им образований резко отличается от кайнозойских вулканиитов анде-

зитовой формации при близких уровнях накопления РАЭ. Для первых предполагаются различные источники Th, U с одной стороны и K с другой, вторые характеризуются согласованными изменениями содержаний РАЭ в процессе выплавления магм и их эволюции; первые распадаются на две группы с разными величинами концентрации Th и U, которые, возможно, соответствуют двум уровням выплавления первичных магм, вторые образуют единую ассоциацию с непрерывным распределением радиогеохимических признаков; в первых отчетливая радиогеохимическая зональность не выявляется, вторые упорядочены относительно геоструктурных элементов островодужной системы. Мел-палеоценовые базиты по рассматриваемым признакам подобны породам океанического класса, хотя и отличаются от них более высокими содержаниями РАЭ, что связано с эпиконтинентальной природой бассейна; кайнозойские изверженные комплексы - самостоятельный транзитальный тип магматических образований, радиогеохимические свойства вулканитов отражают структуру и состав литосферы.

## **РАДИОАКТИВНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОИДАХ ЮГА СИБИРИ**

### **RADIOACTIVE AND RARE EARTH ELEMENTS IN ALKALINE BASALTOIDS SOUTH SIBERIA**

Ершов В.В., Рихванов Л.П.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, г.Томск, пр. Ленина 30,  
тел. (3822) 41-89-10.

В представленном докладе приводятся наиболее полные, имеющиеся на сегодняшний день у авторов, данные по геохимии радиоактивных и редкоземельных элементов в породах и минералах трубок взрыва, некков и даек, объединяемых в посткарбонный Копьевский комплекс щелочных базальтоидов, проявленный, в основном, в пределах Минусинского прогиба, характерной особенностью которых является присутствие мантийных ксенолитов (Соболев и др., 1988 и др.).

Авторы в процессе исследований проводили изучение минералогии, петрографии и петрохимии пород, одновременно с определением содержаний радиоактивных, редкоземельных и редких элементов, методами полевой гамма-спектрометрии, рентгено - спектральным, нейтронно - активационным, лазерно - люминесцентным и спектральным методами, с единичными определениями абсолютного возраста и масс - спектрометрическими определениями редких земель,

на и тория, в том числе были проанализированы минералы мантийных включений.

В результате работ авторами в составе комплекса выделены собственно Копьевский комплекс и Ербинский, названный так по основному петротипу - Ербинскому некку, ранее относимому к Копьевскому комплексу (Геря, Единцев, 1975).

Данные по уровням накопления радиоактивных элементов в изученных образованиях приведены в табл.1. Необходимо отметить, что все тела базальтоидов обогащены радиоактивными элементами относительно кларка для основных пород, они существенно отличаются от базитов нижнего девона и базальтоидов норвежской щелочности формирующихся на этапе мезозойской тектоно - магматической активизации (трапповая формация). В пространственном положении наблюдается некоторое уменьшение уровня накопления радиоактивных элементов с севера на север, тоже характерно и для торий - уранового отношения.

По содержаниям редкоземельных элементов эти, экзотические по своему характеру геологического положения, минералогическому и геохимическому составу, образования достаточно близки между собой. В них содержание легких лантаноидов существенно превышает содержание тяжелых, лантан - иттербиевое отношение варьирует от 9 до 140. Наиболее обогащены легкими редкими землями породы Березовской и Красноозерской трубок взрыва, Ербинского некка, наименее - породы Терской трубки взрыва, Ключиковского штока. Максимальные содержания европия характерны для пород Бараджувской трубки взрыва.

Щелочные ультрабазиты Ербинского некка и дайки у горы Устас от базальтоидов Копьевского комплекса (кроме петрохимических показателей и данных определения абсолютного возраста) отличаются более высокими концентрациями урана и тория, а также лёгких редкоземельных элементов, причем по уровням накопления радиоактивных элементов породы, слагающие некк и дайку, приближаются к щелочным гранитоидным образованиям.

Изучение распределения урана в базальтоидах, методом осколочной радиографии, показали, что уран в них является сингенетичным. 60 % урана приписано к микро- и мелкокристаллической основной массе, 30 - 35 % к акцессорным минералам (титану, обломочным ксенокристам циркона, окисленному рудному минералу пикроильмениту?). Вкрапленники оливина и титан - авгита содержат элемент в незначительном количестве. На долю вторичных минералов приходится не более 5 % урана.

Концентрации радиоактивных элементов во включениях лерцолитов и пироксенитов, содержащиеся в трубках взрыва Минусы, как правило, находятся на уровне не превышающем пороги чувствительности анализов (менее 0,3 - 1 г/т).



Концентрации редких земель более чем на порядок ниже, чем во вмещающих породах, наиболее обогащены редкими землями перцолиты Бараджувльской трубки взрыва (до 59 г/т Ce, до 2,8 г/т Eu). Включения, по характеру распределения редких земель, сопоставимы с нодулями ультраосновных пород в базальтоидах Токинского Становика, представляющими метасоматически изменённую мантию (Когарко и др., 1987).

Таблица 1.

Уровни накопления урана и тория, торий - урановое отношение в телах щелочных базальтоидов.

Объект	U, г/т	Th, г/т	Th/U	N
	средн.(min-max)	средн.(min-max)		
<b>Трубки взрыва</b>				
Интикольская	3,9 (3 - 7)	11,3 (9,5-14,5)	2,9	86
Между оз. Красненьким и п. Тергеш	4,7 (2 - 7)	10,3 (6 - 13)	2,2	54
Тергешская	3,5 (2,3-5,0)	8,6 (5,3-10,7)	2,5	60
у оз. Красненькое	3,6 (2,7-4,7)	11,3 (9,3-13,0)	3,2	40
Белевская	3,6 (3 - 4)	8,9 (7,5-11,7)	2,5	21
Бараджувльская	3,2 (1 - 6)	10,0 (6 - 13)	3,1	29
Камыштинская - I	3,2 (2,5-4,7)	9,3 (7,7-12)	3,0	23
Камыштинская - II	2,5 (2 - 3)	6,5 (5,5-8,3)	2,6	23
Конгаровская	2,2 (1 - 4)	9,9 (7 - 13)	4,5	53
<b>Некки и штоки</b>				
<b>Ербинский</b>	<b>8,0 (4 - 12)</b>	<b>25,9 (21 - 32)</b>	<b>3,2</b>	<b>98</b>
у горы Точильной	4,9 (2 - 6)	12,3 (9 - 16)	2,5	40
Конгаровский - I	2,7 (1 - 5)	12,1 (10 - 19)	4,5	53
Конгаровский - II	2,5 (1 - 5)	10,8 (7 - 14)	4,3	49
Между д. Торгужан и с. Ильинка	2,8 (1-5)	10,6 (6-15)	3,8	36
Ильинский - I	2,1 (1-3)	6,5 (5-9)	3,1	29
Ильинский - II	2,9 (1-5)	8,6 (7-10)	3,0	28
Три брата	2,9 (1 - 6)	11,9 (7 - 20)	4,1	50
Ключиковский шток	1,8 (1,5-2,5)	4,2 (3,8-4,8)	2,4	36
Черная сопка (район г. Красноярска)	2,3 (1,3-5,4)	3,9 (3 - 7)	1,7	8
<b>Дайки</b>				
у Белевской трубки	2,7 (2,0-4,3)	9,0 (7,3-11,8)	3,3	9
у оз. Беле	4,5 (3,8-5,7)	12,4 (11-14,8)	2,8	34
у оз. Учум	2,0 (1,3-2,7)	5,4 (4,7-6,9)	2,7	21
у оз. Черное	2,3 (1 - 3)	5,8 (4 - 7)	2,5	6
у оз. Интиколь	2,6 (2 - 3)	11,7 (10 - 13)	4,4	17
у трубки между оз. Крас. и п. Тергеш	4,8 (3,7 - 6)	10,2 (10,3-14)	2,2	29
Ключиковский участок	1,7 (1 - 2,8)	5,2 (2,7-6,8)	3,0	106
<b>у горы Устас (южная Минуса)</b>	<b>5,2 (4 - 7)</b>	<b>23,8 (21 - 28)</b>	<b>4,6</b>	<b>6</b>

Характер распределения и уровни накопления радиоактивных элементов и редких земель в изученных породах хорошо сопоставляются с таковыми в алмазо-

ных лампроитах Австралии (наши анализы проб любезно предоставленные А.Ф. Коробейниковым, а также данные Jaques a.o., 1984), мезо - кайнозойских щелочных базальтоидах Дальнего Востока (наши данные), кайнозойских щелочных базальтах Байкальской рифтовой системы и плато Дарриганга, базальтах Восточной рифтовой зоны Африки (Зубков и др., 1989 и др.), трубках взрыва Южного Гиссара, Тамир (Шарапов и др., 1988). По радиогеохимическим характеристикам они также близки к неоген - четвертичным щелочным вулканитам восточной части центральной Европы (Кононова и др., 1992, Mavroudchiev a. e., 1989), кратонным базальтам высокой щелочности (Stern a.e., 1990), ортоклазовым долеритам (муджеритам) зоны коллизии Папуа - Новая Гвинея (Richards a.e., 1990). Но принципиально отличаются более высокими концентрациями радиоактивных элементов от неоген - четвертичных базальтоидов Восточного Саяна (наши данные) и других молодых щелочных базальтоидов (Антарктиды и т.д.), имеющих по - видимому менее глубинную область зарождения.

От алмазоносных кимберлитов Сибири они существенно отличаются более высокими содержаниями радиоактивных элементов и редких земель иттриевой группы.

По уровням накопления урана и тория породы Ербинского комплекса близки к трахитам и их гибридным разностям из траппов плато Декан (Laightfoot a.e., 1987).

Эклогитсодержащие брекчии Тергешской и Красноозерской трубок взрыва содержат более высокие концентрации легких и более низких тяжелых редкоземельных элементов по сравнению с алмазоносными эклогитсодержащими глубоко метаморфизованными графитизированными породами Кумдыкольского месторождения Северного Казахстана (наши данные).

Источником радиоактивных и редкоземельных элементов в исследованных образованиях вероятно служило метасоматически переработанное вещество мантии, обогащенное некогерентными элементами. Как авторы отмечали ранее (Рухванов и др., 1991), становление комплексов происходило, по-видимому, в условиях континентального рифтогенеза, причем данная геодинамическая обстановка в истории геологического развития региона повторялась неоднократно (пермо - триас, мезо - кайнозой).

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ РАДИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ САЯНСКОГО И ТАРАКСКОГО КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

## RADIOGEOCHEMICAL CORRELATION OF GRANITES OF SAYANSKY AND TARAKSKY COMPLEX AT THE SOUTH - WEST BOUNDARY OF THE SIBERIAN PLATFORM

Арбузов С.И., Левицкий В.М.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, Томск, пр. Ленина 30,  
тел. (3822) 418910

Благодаря своим геохимическим особенностям, радиоактивные элементы в совокупности с другой геологической информацией нередко являются эффективным средством для типизации различных эндогенных и экзогенных образований. Они позволяют решать как задачи прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых, так и вопросы генезиса. В этом случае радиоактивные элементы можно рассматривать как геохимические индикаторы. В качестве таковых для типизации гранитоидных образований нередко используются уран и торий.

В данной работе приведены результаты изучения радиогеохимических особенностей гранитоидов саянского и таракского комплексов, слагающих обширную полосу докембрийских безмагнетитовых гранитов вдоль юго-западной окраины Сибирской платформы почти от оз. Байкал на юге до устья р. Ангары на севере. Возраст гранитоидов определяется от 1600 до 1900 млн. лет

Определение содержания радиоактивных элементов выполнено рентгено-спектральным, лазерно-люминесцентным (ГГП "Березовгеология") и нейтронно-активационным анализом (ТПУ). Форма нахождения оценивалась на основании результатов радиографических исследований (метод  $f$  - радиографии). Кроме того, выполнен анализ содержания комплекса элементов в мономинеральных фракциях.

**САЯНСКИЙ КОМПЛЕКС.** В его составе выделяют 3 фазы. В первую фазу произошло образование крупнозернистых серых биотитовых, биотит - роговообманковых, иногда гранатсодержащих гранитов с повышенным содержанием темноцветов. Ко второй фазе относятся двуслюдяные и биотитовые крупно-среднезернистые граниты повышенной щелочности, отличающиеся малыми содержаниями темноцветов и акцессориев. Третья фаза представлена жильными телами субщелочных гранитов порфирированной структуры. Характерное для гранитоидов Присяянья в целом повышенное калий-натриевое отношение позволяет отнести их к калиевому ряду орогенных гранитоидов по А.Л. Додину (1976). В качестве одной из особенностей гранитообразования в Присяянье можно отметить широкое распространение гранито-гнейсовых куполов. Генетическая принадлежность гранитоидов до настоящего

Время достаточно надежно не определена. Особенности поведения радиоактивных элементов в гранитах и метаморфитах и закономерное изменение их содержания в направлении к гранитоидным массивам дает основание предполагать важную роль метасоматических процессов в образовании саянских гранитоидов.

Содержание урана в них изменяется в среднем от 3,1 до 9,0 г/т, а тория от 28,8 до 88,9 г/т (табл. 1). В составе жильных мелкозернистых порфировидных гранитов третьей фазы встречаются флюоритсодержащие разности со средним содержанием 14,6 г/т. урана и 204 г/т. тория.

Содержание тория монотонно возрастает от внешних зон гранитизации к внутренним, резко увеличиваясь в жильобразных гранитах, достигая в отдельных пробах 215 г/т. По данным П.В. Дубина и др. (1954) основным минералом-концентратором тория является монацит, небольшие россыпи которого известны в бассейне р. Подпорожной. Характеризуясь в целом монотонным накоплением при гранитизации, торий выказывает довольно неравномерное распределение в различных породах. Коэффициент вариации его распределения изменяется от 27 до 88. Наибольшие пики тория на радиогеохимических профилях приурочены к тектоническим нарушениям, сопровождающимся катаклазом и милонитизацией.

Таблица 1.

Содержание урана, тория и торий урановое отношение в гранитах саянского и таракского комплексов, г/т.

элемент	саянский комплекс			таракский комплекс		
	крупнозернистый порфировидный нейсогранит	среднезернистый двуслюдяной гранит	мелкозернистый порфировидный гранит	гранат-биотитовый гранит	крупнозернистый порфировидный гранит	мелкозернистый порфировидный гранит
U	3,1	9,0	8,3	1,5	4,7	9,5
Th	28,8	31,4	88,9	27,0	77,9	96,5
Th/U	9,2	3,4	10,7	18,0	16,6	10,1

Уран, в отличие от тория и ряда редких элементов в прогрессивную стадию процесса гранитизации не накапливается, а рассеивается. Его содержание последовательно снижается от терригенных толщ внешних зон к центру гранито-гнейсового блока, возрастая только в жильных порфировидных гранитах и в гидротермально-метасоматических образованиях. Торий-урановое отношение существенно возрастает в процессе собственно гранитизации и колеблется от 3,4 до 10,7 ед.

**ТАРАКСКИЙ КОМПЛЕКС.** В структуре Южно-Енисейского кряжа он представлен одноименным массивом, протянувшимся вдоль восточной окраины более чем на 100 км при ширине 10-20км. В массиве выделяют центральную зону микроклиновых биотитовых гранитов, западную эндоконтактовую зону гранатовых гранитов и западную экзоконтактовую зону инъектированных гнейсов-мигматитов артериального типа. Порфировидные граниты центральной зоны определяются как гранито-

иды главной фазы таракского комплекса. Среди них по текстурно-структурным особенностям отчетливо выделяются два типа: граниты с крупнозернистой основной массой и граниты с мелкозернистой основной массой. В целом, по минералогическим и петрографическим особенностям таракские гранитоиды соответствуют семейству нормальных-субщелочных калиевых биотитовых гранитов. Для них характерен порфиroidный облик, отсутствие в составе акцессорных минералов магнетита и наличие значительных количеств монацита, а также высокая радиоактивность. В связи с таракским комплексом в южной части массива известны россыпи монацита. Происхождение таракских гранитов трактуется по-разному, но, вероятно, отмечается важная роль метасоматических процессов в их формировании.

Для таракского массива установлено закономерное возрастание содержания радиоэлементов с юга на север (Ножкин и др., 1987), которое, вероятно, связано с различной степенью его эродированности. Из таблицы видно, что порфиroidные граниты, особенно мелкозернистые, существенно отличаются от других пород комплекса по уровню накопления урана и тория. Как и для саянского комплекса, наибольшая радиоактивность характерна для мелкозернистых порфиroidных биотитовых флюоритсодержащих гранитов. Содержание тория в отдельных пробах здесь достигает 221 г/т. Характерно, что эти пробы отличаются высокими концентрациями редкоземельных элементов. Радиографические исследования и анализ мономинеральных фракций показали, что основными концентраторами урана и тория являются акцессорные минералы, главным образом циркон и монацит. Микровключения их насыщают породообразующие минералы, нередко образуя прожилковоподобные выделения. Высокие содержания тория (208 г/т.) в прожилковом флюорите при высоких концентрациях легких лантаноидов и торий-урановом отношении около 10 ед. позволяет предполагать метасоматическую природу аномальных концентраций радиоактивных элементов в мелкозернистых порфиroidных гранитах. Изучение характера распределения урана в породе методом f-радиографии показывает, что значительная его доля привнесена в процессе метасоматической переработки пород.

Таким образом, исследование уровней накопления и закономерностей распределения радиоактивных элементов в рассматриваемых комплексах свидетельствует о значительном сходстве их радиогеохимических особенностей. Особенно заметно сходство радиогеохимических особенностей жильных порфиroidных гранитов с гнейсовидной мелкозернистой основной массой. Учитывая близкий изотопный возраст таракского и саянского комплексов, сходный петрографический состав, структурно-текстурные особенности, условия залегания, роль метасоматических процессов в их формировании и др. геолого-геохимические особенности, можно

предположить, что в Присяянье и Южно-Енисейском кряже в раннем протерозое проявился единый процесс палингенно-метасоматического гранитообразования, приведший к формированию протяженной зоны безмагнетитовых высокорadioактивных существенно ториеносных гранитов.

## РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНЦОНИТОИДОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

### RADIOGEOCHEMICAL PECULIARITIES OF THE MONZONITOIDES OF THE SIBERIAN PLATFORM

Королева О.В., Рихванов Л.П.

Якутский институт геологических наук СО РАН, 677891, Россия, Республика Саха,  
г. Якутск, пр. Ленина, 39, факс:(411-22)27184, E-mail: geo@geo.yacc.yakutia.su

На Сибирской платформе изучены два генетических типа монцонитоидов, связанные с глубинной эволюцией толеит - базальтового расплава, характеризующиеся определенными геохимическими особенностями, зависящими от специфики флюидно - магматических процессов в конкретных магматических системах. Чуткими индикаторами обстановки являются радиоактивные элементы.

1. Радиогеохимические характеристики, полученные для магматитов Чаро-Синского дайкового пояса Вилюйской палеорифтовой системы, отражают субщелочную специфику расплава, формирующего их. Установлен повышенный геохимический фон радиоактивных элементов: К, U, и Th. Они образуют специфичную элементную ассоциацию. Содержание U (0,8-0,9г/т) и Th (5,5-6,2г/т) в габбродолеритах и субщелочных габбродолеритах имеют значения, превышающие данные, приводимые Б.В. Олейниковым и А.Д. Ножкиным (1975) для габбродолеритов Вилюйско-Мархинской зоны (той же тектонической структуры) по U в 2, а по Th в 3 раза. Происходит синхронное накопление К, U, Th к поздним дифференциатам. В монцонит-порфирах, по сравнению с базитами, концентрация U увеличивается еще в 2-4, а Th - в 2-5 раз. Для сиенит-порфиров наблюдается дальнейшее 2-х кратное увеличение содержания этих элементов: соответственно U до 4, а Th до 26 г/т. Все разновидности пород отличаются повышенной ториеносностью и, как следствие, высоким отношением Th/U, величины которого (5,7-8,7) типоморфны для щелочных базитов мантийного генезиса (Ковалев и др., 1989). Они ярко подчеркивают щелочной уклон толеит-базальтовой магмы Чаро-Синской зоны. По уровню содержания радиоактивных элементов кварцевые сиенит-порфиры приближаются к трахитам и трахилитаритам наманинской свиты, той же Чаро-Синской зоны разломов, на основании изучения которой была выделена Лено-Вилюйская радиогеохимическая провинция повышенной радиоактивности (Масайтис, Смыслов, 1977). Отмеченная геохи-

мическая специализация монцонитоидов, распространяющаяся и на когенетичные аналогичные по химизму эффузивы, предполагает общий источник обогащения их радиоактивными элементами и связывается с единым процессом, в частности, с влиянием трансмагматического флюида повышенной щелочности на длительно эволюционирующий в глубинном промежуточном очаге толеит-базальтовый расплав.

2. В Джалтульском интрузиве в ряду пород от троктолитовых габбро-долеритов до кварцевых монцодиоритов содержание U меняется от неопределяемых применяемыми методами количеств до 1,8, а тория также от следов присутствия элемента до 12 г/т. От кварцевых габбродолеритов к монцодиоритам количество U возрастает в 2 раза, причем скачок наблюдается лишь при переходе к монцодиоритам. Изменение содержания Th более последовательно и от дифференциата к дифференциату меняется лишь в 8 раз. Радиоактивность монцонитоидов шлировой фации кварцевых габбродолеритов идентична таковой соответствующих пород верхней зоны. Индикаторное отношение Th/U имеет широкий разброс частных величин, в среднем укладываюсь в пределы 2,5-5,0, несколько повышаясь в породах шлиров. В собственно монцодиоритах уран и торий проявляют независимое поведение: первый не имеет значимой связи с остаточными элементами, нарушенной большим влиянием эманационной дифференциации на его поведение, тогда как Th, в большей степени связанный с породообразующими элементами, сохраняет положительную корреляцию с калием. Анализ распределения радиоактивных элементов в Джалтульском интрузиве совместно со всеми изученными микроэлементами показывает, что их поведение подчиняется закономерностям, обусловившим образование монцонитоидного расплава, как результата выноса щелочей и сопутствующих подвижных элементов из тыловых во фронтальную часть протяженной магматической колонны в результате кислотно-основного взаимодействия толеит-базальтовой магмы с кислотным восстановительным флюидом.

## **РАДИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КАЛГУТИНСКОГО МАССИВА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

**RADIOCHEMICAL EVOLUTION OF KALGUTINSKI MASSIVE (GORNIY ALTAI)**

Тикунов Ю.В.

Объединённый институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
63090, Россия, г.Новосибирск, Университетский пр. 3,  
тел. 35-13-61, факс (383-2) 35-2 6-92, E - Mail tikunov @ uiggm.nsk.su

Использование радиоактивных элементов как индикаторов геологических процессов имеет давнюю и богатую историю. Их особая роль определяется с одной



стороны возможностью массового экспрессного анализа, с другой чувствительностью поведения к физико-химическим условиям. Будучи ярко выраженными литофилами, уран и торий имеют тенденцию согласованного поведения при магматической дифференциации в сухих условиях и проявляют диаметрально противоположные свойства в процессах с участием воды при повышенном окислительно-восстановительном потенциале. Связано это прежде всего с тем, что уран, легко переходя до шестивалентного состояния, образует уранил-ион  $[UO_2]^{2+}$ , который обладает высокой растворимостью. В то же время торий, оставаясь четырехвалентным, ведет себя весьма инертно. Такие сходство и различие в поведении урана и тория делают их весьма информативными при анализе гранитоидного магматизма. Калгутинский гранитный массив представляется в этом отношении благодатным объектом исследования. Различие геохимических свойств урана и тория в процессе его эволюции проявилось весьма отчетливо.

Формирование массива происходило в мульде, сложенной преимущественно среднедевонским кислым вулканоплутоническим комплексом, перекрытым пестрыми терригенно-осадочными отложениями верхнего девона. Осадочная часть вулканоплутонического комплекса выделяется как аксайская свита. Наиболее ранние вулканы представлены дацитами, риодацитами. Концентрации в них тория изменяются довольно в узких пределах (14,5-18 г/т), относительные вариации урана выше (1-3,5 г/т). Дациты, риодациты сменяются нормальными риолитами. Содержание урана в них остаются примерно теми же (1,5-3 г/т), а тория ниже (11,5-15 г/т). Поздние риолиты существенно отличаются от ранних. Они более лейкократовые и в них обнаруживаются более высокие содержания урана (4,6-7,9 г/т) и более низкие содержания тория (8,7-11,8 г/т). Таким образом, для вулканических пород устанавливается снижение содержаний тория от ранних выплавов к последующим, и существенные увеличения концентраций урана в самых поздних (рис. 1).

Более контрастно отмеченная для среднедевонских вулкаников тенденция изменения радиогеохимических характеристик проявилась в эволюции гранитов. Строение Калгутинского массива и типизация гранитов достаточно подробно освещены в работе Б.Г. Семенцова и др. (1988). Этот массив представляет собой сложно построенный плутон с неоднократно проявленной (от верхнего палеозоя до раннего мезозоя) магматической активизацией, сопровождавшейся сульфидно-редкометальным рудогенезом. В настоящей работе исследованы четыре типа гранитов из восточной части массива, представляющие основные последовательные этапы внедрения: 1) биотитовые порфировидные граниты; 2) мусковит-биотитовые; 3) мусковитовые; 4) поздние редкометальные гранит-порфиры (калгутиты). Следует подчеркнуть, что фактически все типы гранитов представлены множеством тел, сложенных породами разной зернистости. Причем текущие отношения наблюдаются



между гранитами принадлежащими одному типу. Бiotитовые порфиоровидные граниты являются главной самой ранней фазой внедрения и по кремнекислотности соответствуют адамелитам (70,0-72,5 мас.% SiO<sub>2</sub>). Измеренные в них концентрации урана и тория согласуются с данными Е.Б. Высокоостровской и О.М. Опарина (1962). Данные граниты обладают весьма высокими содержаниями тория (23-32 г/т) и повышенными урана (3,6-12 г/т). Последующие биотит-мусковитовые граниты по кремнекислотности соответствуют нормальным гранитам и лейкогранитам (72,0-78,0 мас.% SiO<sub>2</sub>). Концентрации тория в них существенно снижаются (9,2-15 г/т), а урана повышаются (10-30 г/т). В более поздних мусковитовых и редкометальных гранитах содержания кремнекислоты остаются примерно на том же уровне, что и в предыдущих. Концентрации урана в среднем несколько выше, а тория существенно ниже (2,5-6 г/т Th в первых и 0,2-0,8 в последних). Таким образом, в эволюции гранитов Калгутинского массива обнаруживается отчетливая тенденция снижения концентраций тория и увеличение урана от ранних фаз внедрения к поздним. Такое их поведение свидетельствует о несомненной метасоматической проработке субстрата предшествующей его плавлению.

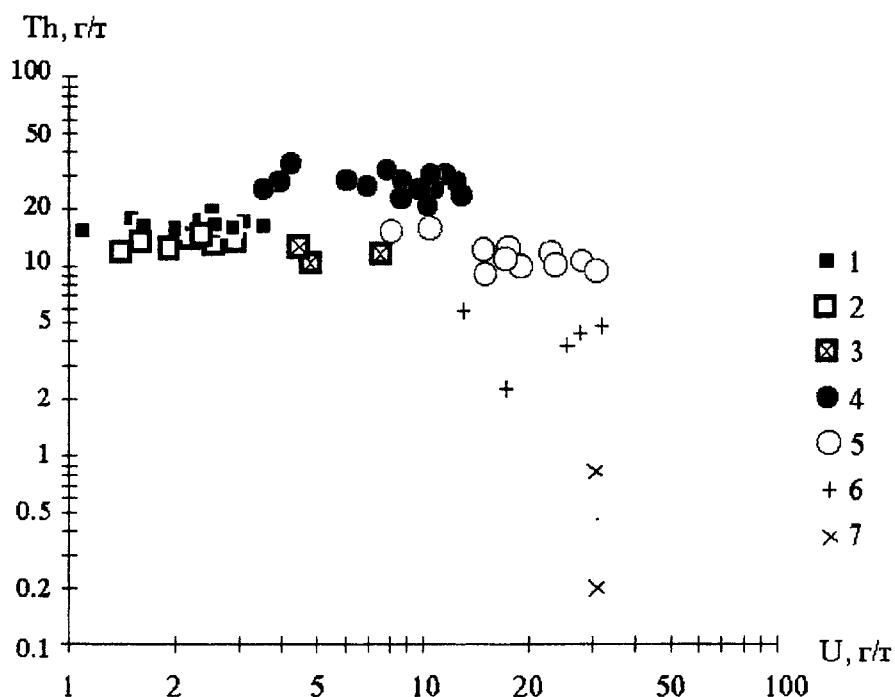


Рис.1. Уран-ториевая диаграмма для магматических пород Калгутинского массива

1-3 вулканиты среднедевонского вулканоплутонического комплекса: 1 - дациты, риолиты; 2 - риолиты; 3 - поздние риолиты. 4-7 позднепалеозойские -раннемезозойские граниты: 4 - биотитовые порфиоровидные; 5 - биотит-мусковитовые; 6 - мусковитовые; 7 - поздние редкометальные (калгутиты).

Последние литературные данные подтверждают, что перераспределение и уменьшение содержаний РАЭ в лейкократовых породах на заключительных стадиях формирования гранитоидных комплексов - явление широко распространенное. Разные авторы связывают его с "флюидной промывкой" на уровне генерации магм Тюномарева, Злобин, 1982), с потерей РАЭ расплавами при кристаллизации и отделении флюидной фазы, в которой концентрируются эти элементы к концу магматического процесса (Туркина, 1986), с дифференцированным поведением U и Th в процессе реоморфического плавления метаморфических и интрузивных пород Кузнецков и др., 1977). Радиогеохимические данные по гранитам Калгутинского массива свидетельствуют о выносе радиоактивных элементов на стадии предшествующей плавлению. Иначе трудно объяснить отрицательную корреляцию между ураном и торием. Обогащение же расплавов ураном вторично и происходит, по-видимому, в результате его привноса как более подвижного компонента водными флюидами при выплавлении гранитов. С такой точкой зрения согласуется и увеличение европиевого минимума в распределении редкоземельных элементов от ранних фаз к поздним. Подобное увеличение имеет место на фоне существенного снижения содержаний легких лантанидов. Как было показано В.А. Жариковым и Н.С. Горбачевым (1993) европий намного активнее мобилизуется водной флюидной фазой по сравнению с остальными лантанидами, что и обуславливает его дифференциацию при метасоматозе предшествующем плавлению. Процессы метасоматической проработки субстрата имели место и при формировании среднедевонского вулканоплутонического комплекса, поскольку в его составе обнаруживаются те же самые тенденции, что и в развитии гранитов.

## **РАДИОАКТИВНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОДАХ ЗНАМЕНИТИНСКОЙ ПЛОЩАДИ В КУЗНЕЦКОМ АЛАТАУ** **RADIOACTIVE AND RARE-EARTH ELEMENTS IN THE INTRUSIVE ROCKS OF ZNAMENITINSK AREA IN KUZNETSK ALATAU**

Кудрин К. Ю.

Томский политехнический университет, 634034, Томск, Россия,  
пр. Ленина, 30, тел. 415803.

Знаменитинский золоторудный район располагается в центральной части Кузнецкого Алатау, примыкая с северо-запада к Коммунарковскому золоторудному полю. Все известные месторождения и рудопроявления золота располагаются в эндо- и экзоконтактной зоне интрузивных образований, которые занимают около 20

% площади. Поэтому важнейшей задачей является решение вопроса о природе магматических образований, закономерностях развития магматических систем для выяснения признаков их рудоносности, расчленение и корреляция магматитов в пределах исследуемого и смежных золоторудных районов.

С этой целью изучены крупные интрузивные образования восточной части Знаменитинской площади - Спасский, Тургаюльский и Бельский массивы. В строении перечисленных массивов принимают участие тела габброидов, диоритоидов и гранитоидов повышенной щелочности. При неполноте геологических критериев (отсутствие стратифицированных образований моложе среднего рифея, пространственная разобщенность интрузий, неясный характер взаимоотношения интрузивных пород) для решения вопросов типизации интрузивных образований использовались второстепенные - петрографические и петро-геохимические особенности пород, слагающих массивы.

Однако изучение петрографических и петрохимических особенностей пород не позволило выделить среди них естественные ассоциации. Тем не менее, использование геохимических данных позволило не только выделить генетически родственные группы пород, но и определить их место в схеме развития магматизма восточного склона Кузнецкого Алатау.

Для геохимической характеристики интрузивных пород использовались данные 52 анализов по определению содержания радиоактивных (РАЭ) и редкоземельных (РЗЭ) элементов. Содержание РЗЭ и Th определялось нейтронно-активационным анализом, U - методом запаздывающих нейтронов в ядерно-геохимической лаборатории кафедры ПИГРЭ ТПУ.

На диаграммах распределения РАЭ и РЗЭ видно, что породы Спасского массива (габброиды и диоритоиды) существенно отличаются от всех остальных.

Распределение РАЭ и РЗЭ в диоритоидах Тургаюльского и Бельского массивов обнаруживают полное сходство. По уровню накопления РАЭ эти породы занимают промежуточное положение между среднемировыми типами габбро и диорита (по А. А. Смыслову, 1974 г.). Торий-урановое отношение для этих пород равно в среднем 3-5. Характерным для спектра содержания РЗЭ в диоритоидах является наличие слабого отрицательного пика по Sm и слабого положительного пика по Eu, что сближает их и диоритоидами второй фазы становления Солгонского массива мартайгинского комплекса (по В. Л. Хомичеву, 1993 г.).

Области расположения фигуративных точек разных типов щелочных пород Бельского массива в полях Th-U частично перекрывают друг друга, но в слабой степени соотносятся с областью диоритоидов. По уровню накопления РАЭ эти породы соответствуют среднемировым значениям диорита и кварцевого диорита (по А. А. Смыслову, 1974 г.). Торий-урановое отношение для щелочных пород лежит в

тределах 3-7. Иной вид имеют и спектры содержания РЗЭ в щелочных породах - характерны отрицательные пики по Eu и Yb, а так же положительный пик по Tb, что соответствует щелочным породам сохочульского (саганахгольского) комплекса (по данным Л. П. Рихванова, устное сообщение).

По совокупности всех признаков (в том числе петрографических, петрохимических и структурно-геологических) среди интрузивных пород исследуемых массивов, по видимому, можно выделить три магматические ассоциации. К первой мы относим габброиды и диоритоиды Спасского массива (две фазы), ко второй - диоритоиды Бельского и Тургаюльского массива, к третьей - все типы щелочных пород Бельского, Спасского и Тургаюльского массивов (две фазы).

Положение выделяемых магматических ассоциаций на территории Знаменитинской площади в схеме развития магматизма восточного склона Кузнецкого плато нам представляется в следующем виде: 1) габброиды и диоритоиды Спасского массива мы относим к первой и второй фазам становления когтахского комплекса соответственно; 2) диоритоиды Бельского и Тургаюльского массивов - ко второй фазе становления мартайгинского комплекса; 3) щелочные породы Бельского, Тургаюльского и Спасского массивов - ко второй и третьей (дайковой) фазам сохочульского (саганахгольского) комплекса.

Таким образом, использование данных по геохимии РАЭ и РЗЭ в породах в качестве одного из критериев типизации интрузивных образований при неполноте геологической информации играет весьма важную роль.

## **УРАН И ТОРИЙ - РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОВРЕМЕННОЙ И ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ ОЗ. БАЙКАЛ.**

### **URANIUM AND THORIUM AS RADIOISOTOPIC INDICATORS OF THE MODERN QUADRASEDIMENTATION OF BAIKAL CLIMATIC CONDITIONS**

Пампура В.Д., Сандимиров И.В.

Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1"А", тел. (3952) 466946, факс (3952) 464050

Закономерности распределения урана и тория, а также их изотопные вариации в объектах экосистемы озера Байкал выступают в качестве геохимических маркеров процессов и климатических условий современной и четвертичной седиментации Байкальской рифтовой структуры.

Изучение химического состава речных вод бассейна стока озера Байкал привело к обнаружению значительных вариаций содержаний урана от 0.04 до 1.77

мкг/л и тория от 0.0004 до 0.02 мкг/л. Среднее содержание урана в 66 реках составило 0.27 мкг/л.

Количество растворенного урана в воде озера Байкал, исследовавшееся лазерно-люминесцентным методом, колебалось в пределах 0.39 - 0.61 мкг/л независимо от глубины отбора проб воды. Среднеарифметическое содержание урана (с учетом данных Falkner, Measures at al. 1991) для 75 проб составило  $0.42 \pm 0.01$  мкг/л.

Общий "запас" растворенного урана в озере Байкал ориентировочно оценивается около 9700 т. из расчета его среднего содержания 0.42 мкг/л и объема водной массы в  $23000 \text{ км}^3$ . Количество урана, поступающего со стоком рек за год, оценивается нами в 51.7 т/год. Тогда "время пребывания" урана равно частному от деления "запаса" на "годовой приток":  $9700/51.7 = 187.6$  лет.

Характерной геохимической особенностью донных осадков озера Байкал является их аномальная обогащенность ураном относительно коренных пород окружения Байкальской рифтовой впадины. В частности, донные осадки голоценового возраста различных котловин оз. Байкал, обогащенные гумифицированным органическим веществом, характеризуются аномальными концентрациями валового урана, достигающими 17-24 г/т на фоне содержаний 2-3 г/т в терригенных глинистых пелитовых осадках.

Изотопный состав урана и тория изучался в различных автохтонных фазах донных осадков: органической (гуминовые и фульво-кислоты), "валовой" (экстракты смесью  $\text{HNO}_3 + \text{KBrO}_3$ ), кремниевых остатках диатомовых водорослей, современном фито- и зоо-планктоне, а так же в воде озера Байкал.

Изотопная систематика многокомпонентной системы донных осадков показана на равносторонней треугольной диаграмме активностей  $^{238}\text{U} - ^{234}\text{U} - ^{230}\text{Th}$  (рис.1).

Совокупности фигуративных точек изотопных составов указанных фаз осадков на примере колонки станции 295к-2 (Северная котловина оз. Байкал) представлены индивидуальными полями: вода оз. Байкал (1), фульво- и гуминовые кислоты (2), "валовые" фракции (3), кремниевые остатки диатомовых водорослей (4).

Разобшение полей, вытянутых вдоль линии равновесных отношений  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , обусловлено их различием в величинах активностей  $^{230}\text{Th}$ .

Наибольшие различия изотопного состава урана и тория проявлены для обогащенных органическим веществом (до 2.5%  $\text{C}_{\text{орг}}$ ) пелит-диатомовых илов и терригенных осадков (0.2%  $\text{C}_{\text{орг}}$ ). В органических илах существенно накапливается  $^{234}\text{U}$  относительно  $^{238}\text{U}$ , в то же время в терригенном субстрате отношение  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  близки к равновесным. Неравновесность  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  в органических фазах определяется аналогичным изотопным составом урана воды озера Байкал, который

следует органическими остатками диатомовых водорослей в процессе их гумификации

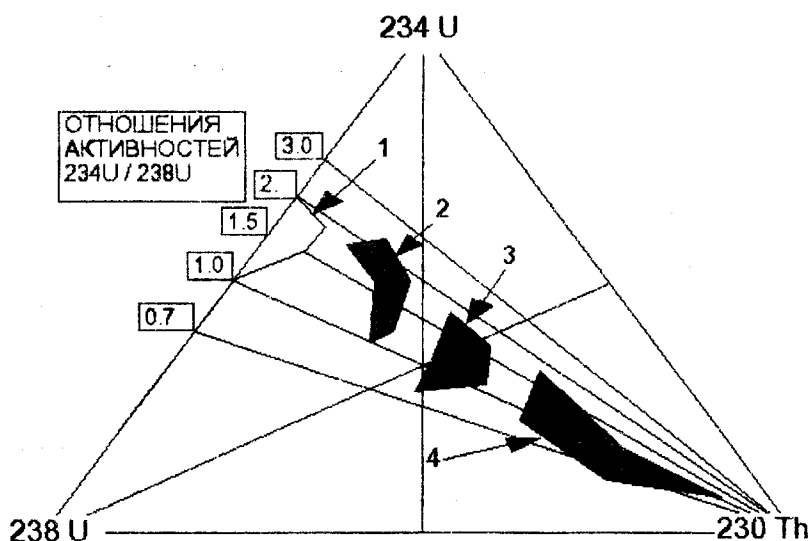


Рис. 1

Изотопные отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , резко неравновесные в пелит-диатомовых осадках (в данном случае раннеатлантического возраста), являются геохимическим маркером климатических изменений, благоприятных для вспышки роста биопродуктивности озера Байкал.

## ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И РАДИАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ

### ORIGIN OF RADIOGEOCHEMICAL BACKGROUND AND ANOMALIES OF RADIOACTIVITY IN SEDIMENTARY FORMATIONS

Гавшин В.М.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, г. Новосибирск, Университетский пр., 3, Россия

По разным оценкам, около половины объема осадочных толщ составляют пелитовые отложения - глины, аргеллиты, глинистые сланцы; в составе другой половины примерно равные доли принадлежат псаммитовым и карбонатным породам. Радиационный фон осадочной оболочки планеты практически полностью опреде-

ляется содержанием естественных радиоактивных элементов ( $^{40}\text{K}$ , а также Th и U с продуктами их распада). Радиоактивность  $^{40}\text{K}$  примерно на порядок выше, чем U и Th благодаря его бета-излучению, однако в радиационный гамма-фон осадочных толщ вклады U, Th и K при их содержаниях на уровне кларков практически одинаковы.

Для глинистых отложений оценки кларковых концентраций U, Th и K, опубликованные Турекьяном и Ведеполем в 1961 году, мало отличаются от оценок А.П. Виноградова (1962 г.) и принимаются без изменений через 30 лет, что само по себе свидетельствует о высокой степени однородности пелитового материала стратиферы. Однородность в распределении радиоактивных элементов в глинистых отложениях особенно характерна для крупных осадочных бассейнов, куда поступал обломочный материал с огромных территорий самого различного геологического строения. Перемешиваясь речными потоками и морскими течениями, он гомогенизировался и химический состав его приближался к среднему составу областей питания, квалифицированному по крупности зерна. Именно поэтому глинистые толщи крупных бассейнов осадконакопления близки между собой по радиоактивности и, соответственно, по содержаниям радиоактивных элементов, которые мало отличаются от опубликованных средних значений для осадочных пород. Статистические оценки, выведенные, например, для юрских алевропелитов Западно-Сибирской плиты или пермских алевропелитов Кузбасса по выборкам разного объема, составленным из проб, отобранных на разных площадях и в разных стратиграфических интервалах, практически не отличаются между собой, близки к оценкам для черноморских глинистых илов и соответствуют кларкам (табл.1). При кларковом уровне содержания радиоактивных элементов интегральная активность глинистых отложений оценивается дозовыми значениями от 77 до 91 нГр/час, что соответствует мощности экспозиционной дозы не более 10 мкр/час.

Отклонения от закономерно повторяющихся величин появляются, во-первых, при возрастании в глинистых породах количества карбонатов или свободного кремнезема как разбавителей, понижающих концентрацию всех трех радиоактивных элементов и, во-вторых, с приближением к источникам обломочного материала, где недостаточно проявляется гомогенизация и начинает чувствоваться специфика локальных участков питающих провинций. Так, при размыве каолиновых кор выветривания на гранитах отлагающиеся в бассейне седиментации глины, даже при значительных содержаниях U и Th, могут быть крайне обеднены калием, что, впрочем, не очень сильно сказывается на их общей радиоактивности.

Предпосылки гранулометрической дифференциации теригенного материала закладываются еще в процессе выветривания, когда кварц изверженных пород, сохраняя форму и размеры зерен, уходит в пески, а компоненты темноцветных мине-

галы и мезостази́са вулканических пород, выветриваясь, оказываются в пелитовой фракции. При размыве каолиновых кор выветривания в бассейне осадконакопления, вряду с каолиновыми глинами, откладываются кварцевые пески; однако, в составе осадочных толщ они занимают сравнительно скромное место: значительно более распространены полимиктовые песчаники и граувакки. Из-за неоднородности псаммитовой группы пород трудно вывести "кларки для песчаников"; значения, опубликованные в 1961 году Турекьяном и Ведеполем, можно распространить лишь на кварцевые песчаники. Тем не менее, в крупных осадочных бассейнах и псаммитовый материал достаточно хорошо гомогенизирован, а интегральная гамма-активность песчаников примерно в два раза ниже, чем сопутствующих им алевропелитов (табл.2), что объясняется, прежде всего "разбавляющей" ролью кварца; однако, в ассоциирующих с кварцевыми песками титано-циркониевых россыпях концентрации урана и тория могут достигать сотых долей процента.

Таблица 1

породы	кол-во проб	U (по Ra), г/т	Th, г/т	K, %	Доза, нГр/час
Сосские алевропелиты	26	3,7 0,2	9,8 0,9	2,39 0,15	78,5
Западно-Сибирской плиты	59	4,0 0,2	11,2 0,4	2,78 0,15	89,1
	19	3,3 0,2	10,3 0,8	2,90 0,24	84,6
	10	3,5 0,2	11,9 1,6	2,97 0,56	91,0
	10	2,9 0,2	11,1 1,1	2,77 0,27	82,9
Термокарбонатные алевропелиты	37	3,5 0,2	10,6 0,6	2,45 0,14	81,0
Сабасса	22	3,8 0,5	10,9 1,0	2,55 0,18	86,5
	25	3,4 0,4	11,2 1,0	2,23 0,23	76,7
Морские глинистые илы	30	3,5 0,5	11,6 0,8	2,97 0,20	86,5
Глины (Yuan-hui, GCA, 1991)		3,7	12	2,66	86,5

\* В этой и следующих таблицах в графе "Доза" даны рассчитанные значения мощности поглощенной дозы в воздухе на высоте 1 м от поверхности земли.

Чистые известняки и доломиты, не говоря уже об эвапоритах, содержат лишь следы естественных радиоактивных элементов. Содержания в них урана, тория и калия возрастают лишь по мере увеличения количества терригенной примеси; кроме того, концентрация урана несколько повышается в известняках с примесью органического вещества.

В конечном счете, если не учитывать бета-излучения, радиационный фон атмосферы определяется соотношением в составе осадочных толщ аргиллитов, песчаников и карбонатных пород, а его максимальный уровень, отвечающий аргиллитам, не превышает величины поглощенной дозы 100 нГр/час или примерно 11 мкР/час в воздухе на высоте 1 метра, достигая 20 мкР/час при каротаже скважин.

В возникновении аномалий радиоактивности в осадочных толщах исключительную роль играет органическое вещество и в особенности - гуминовые кислоты и близкие к ним по составу и структуре соединения, образующиеся при разло-



жении лигнинно-целлюлозного материала наземной растительности или белково-углеводного - морского планктона. Способность гуминовых кислот извлекать уран из разбавленных растворов, экспериментально установленная Салаи в 50-х годах, чрезвычайно широко проявляется на земной поверхности. Известно явление концентрации урана в торфяниках в местах впадения водостоков; уран накапливается в выходящих на поверхность пластах бурого угля при его окислении; повышение концентрации урана наблюдается в погребенных почвах; с гуминовыми кислотами ассоциирует уран в диатомовых илах озера Байкал. В сапропелевых илах Черного моря концентрация урана, вероятно, связана с образованием гумидоподобных веществ - меланоидинов. Аналогичным образом уран осаждался из морских палеобассейнов при формировании баженовской свиты Западно-Сибирской плиты (табл. 3) или американских сланцев Чаттануга: в этих гигантских "черносланцевых" формациях содержится во много раз больше урана, чем в современном океане и, следовательно, в процессе его концентрации существенная роль принадлежала фактору времени и динамике циркуляции морской воды. Наконец, с гуматами непосредственно связаны крупнейшие месторождения ураноносного района Грантс в США.

Таблица 2

породы	кол-во проб	U (по Ra), г/т	Th, г/т	K, %	Доза, нГр/час
Полимиктовые песчаники З.-Сиб. плита (J)					
Минуса (D)	74	1,6 0,1	4,9 0,3	1,72 0,08	45,0
Минуса ©	224	1,6 0,1	4,7 0,2	0,87 0,03	33,1
Кузбасс (P-C)	16	1,2 0,5	6,3 1,1	1,33 0,25	41,4
	26	2,5 0,2	7,3 0,2	1,94 0,29	52,4
Кварцевые песчаники Сиб. платформы (V)	20	0,6 0,2	2,0 0,6	0,31 0,17	12,8
Песчаники по Турекьяну и Ведыполю		0,5	1,7	1,07	21,8

Какая-то роль гуминовых веществ не исключена и при формировании зон пластового окисления; но вполне возможно, что в данном случае органическое вещество является лишь восстановителем.

Вторым по значению агентом, вовлекающим уран в осадочные толщи из природных вод, является фосфат кальция (карбонатфторapatит). Обогащенность ураном фосфоритов широко известна по множеству публикаций и их роль в глобальном геохимическом балансе урана может быть сопоставима со значением "черных сланцев". Менее значительные аномалии радиоактивности в осадочных толщах связаны с бокситами, несколько обогащенными и ураном, и торием, калийными солями, в которых радиоактивность полностью определяется калием, некоторыми цеолитолитами, а также с такими экзотическими образованиями дискуссионно-

т происхождения как "ториеносными битумами" в песчаниках нефтеносных толщ  
с концентрациями радия в травертинах.

Таблица 3

породы	кол-во проб	U (по Ra), г/т	Th, г/т	K, %	Доза, нГр/час
Сапропелевые илы Черного моря	8	17,6 3,2	7,0 0,6	1,27 0,21	130
Торфяные сланцы Сиб. платформы (кембрий)	13	34,1 7,1	6,7 0,6	2,83 0,21	238
Баженовиты Западно- Сибирской плиты	30	35,7 1,6	6,3 0,6	1,44 0,22	228

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРАНОНОСНЫХ ТОРФЯНИКОВ RADIOECOLOGICAL PEKULIARTUS OF URANIUM-BEARING PEAT BOGS.

Кочкин Г.Б.

Всесоюзный геологический институт им. А.П. Карпинского,  
199026, Россия, г. С.- Петербург, Средний пр., 74,  
тел (812) 2189251, факс (812) 2135738, E-mail vsq@sovan.com.

На территории Нечерноземья России, характеризующейся широким разви-  
тием болотно-торфяных образований, проявлено несколько типов уранового оруде-  
нения (сверху вниз по разрезу, в скобках - возраст руд и глубина залегания): урано-  
вое в современных торфяниках (4-16 тыс. лет, 0-7 м.), редкометалльно-урановое в  
палеодолинах перми-триаса (120-230 млн. лет, от 40 м. и более), битумно-урановое  
в толщах карбона-девона (190-260 млн. лет, десятки и сотни метров), фосфорно-  
урановое в толщах ордовика (190-480 млн. лет, десятки метров и более). В плане  
воздействия на окружающую среду, естественно, наибольшее значение имеет ору-  
ждение в торфяниках, представленное, в частности, двумя месторождениями  
(Каринское и Тешинское) и многими десятками рудопроявлений.

Типичное для региона Каринское месторождение урана в Кировской области  
принадлежит в ландшафтно-географическом отношении среднерусской южно-  
таежной зоне. Рельеф - равнинный, умеренно расчлененный.

Пространственно ураноносные торфяники тяготеют к вытянутой в субмери-  
диональном направлении структуре Вятского вала, обрамленного зонами разломов,  
в области влияния которых наблюдается вертикальная гидродинамическая взаимо-  
связь разноминерализованных, в т.ч. по урану и радю, пластовых вод. К Вятскому  
валу приурочена одна из крупных радиогидрогеологических аномалий России с со-  
держаниями в водах урана - до  $n \cdot 10^{-5}$  г/л, радия - до  $n \cdot 10^{-10}$  г/л, радона - до 40

эман. Сходным образом Тешинское месторождение в Нижегородской области приурочено к осложняющей антиклинорной структуре.

Рудное поле Каринского месторождения располагается в пределах одноименного торфяника при слиянии рек Вятка и Чепца. На площади 82,8 кв. км. здесь распространены бурые и черные древесно-осоковые торфа низинного типа; степень разложения торфа - 38%, зольность - 10-12%, средняя мощность залежей 2,2 м., максимальная - 6 м.

Специальное изучение ураноносных залежей Каринского месторождения, проведенное в 1962-64 гг. В.В. Зиновьевым, С.С. Карагодиным, А.В. Коченовым, И.С. Мартюгиным и др., показало, что они занимают лишь северо-восточную часть торфяника, серповидно прилегающую к левому борту долины р. Вятка. Борт долины сложен пестроцветными осадками раннетатарского яруса, в т.ч. медистыми песчаниками с повышенными содержаниями мышьяка, свинца, урана, молибдена. Урановорудные залежи линзовидно залегают среди торфов, при этом на дневную поверхность выходит 55 % площади урановорудных тел. Содержания урана составляют в среднем 0,076 % (от 0,03 до 0,4 %), в рудах также присутствуют мышьяк (0,03 %) и ванадий (0,1-0,5%).

Важной экологической особенностью рассматриваемого оруденения является крайне молодой его возраст - современный, по данным ионий-уранового метода он оценивается в 4-16 тыс. лет.

Это определяет отсутствие равновесия урана с продуктами его распада, в частности, с радием. Коэффициент радиоактивного равновесия руд составляет 1-5%. Гамма активность на поверхности урановорудных залежей не превышает 60-140 мкр/час и находится в пределах 70-2000 Бк/кг.

В районе развиты два типа вод - в четвертичных и раннетатарских отложениях. Первые - в песках и торфах надпойменной террасы, глубина их залегания - 0-2 м., состав - гидрокарбонатно - кальциевый, в торфах - сульфидно - кальциевый, содержания урана -  $5,0 \cdot 10^{-7}$  -  $7,0 \cdot 10^{-5}$  г/л. Воды раннетатарских отложений распространены на глубинах 2-30 м. На поверхность они выходят в виде родников на склонах долин с дебитом 0,1-3 л/сек. при содержаниях урана  $n \cdot 10^{-6}$  -  $10^{-4}$  иногда до  $n \cdot 10^{-3}$  г/л. Предполагается, что образование урановых концентраций происходило путем сорбции урана органическим веществом торфов при поступлении в них вод с повышенным содержанием урана.

В этом отношении интересно изучение так называемого "подвижного" урана в природных объектах (горных породах, почвах, растениях). Под подвижным ураном понимается миграционно способная часть его общего количества, находящегося в

объектах и определяемая в водных вытяжках лазерно - флюоресцентным методом с порогом чувствительности  $0,2 \cdot 10^{-7}$  г/л.

В целом в почвах России эти содержания варьируют в пределах  $0,3-26 \cdot 10^{-7}$  г/л, т.е. в пределах почти двух порядков. На изученной части Нечерноземья наблюдаются статистически значимые понижения подвижного урана в почвах с севера на юг, возможно, отражающие "климатический пресс", определяющий различную долю подвижной формы урана в почвах разных широт. При двухуровневом опробовании дерново-подзолистых и торфяников отношение величин подвижного урана в верхнем и нижнем уровнях оказалось важной экологической характеристикой, позволяющей судить о вертикальной миграции урана. Однако в постоянно обводненных торфяных залежах это отношение изменяется в узком интервале 0,7-1,2. Лишь ураноносные участки характеризуются широким размахом этой величины от 0,08 до 70, причем такие резкие изменения фиксируются иногда на первых метрах.

Оценка степени опасности наличия урана в водах остро дискутируется гигиенистами. Так, при использовании шахтных вод, содержащих ЕРЭ, для орошения сельскохозяйственных угодий предлагается установить ПДК урана в поливной воде в  $1 \cdot 10^{-4}$  г/л. Действующий ГОСТ на питьевую воду определяет ПДК по урану как  $1,7 \cdot 10^{-3}$  г/л. В то же время в водах магистральной водопропускной канавы и пруда-водозабора технической воды для нужд поселка 2 предприятия "Каринторф", примыкающего к общему полю Каринского месторождения, содержания урана достигают  $1,8 \cdot 10^{-4}$  г/л.

Обработка данных опробования почв всех трех поселков "Каринторф" показывает следующие статистически рассчитанные ряды тяжелых металлов в общей загрязненности почв: поселок N1 - Pb - 1.61, Th - 1.02, Sr - 0.98, поселок N3 - Sr - 0.78, U - 2.32, Pb - 0.73, поселок N2 - U - 2.77, Sr - 2.34, Pb - 1.43.

В плане техногенных участков повышенных содержаний урана следует отметить, что торф из урановорудной части Каринского торфяника в 1968-71 гг. использовался в топливной смеси для ТЭЦ-3 г. Кирово-Чепецка и, тем самым, часть урана, содержащегося в торфе, перешла в золоотвал ТЭЦ-3.

В региональном плане важнейшими техногенными поступлениями радионуклидов в торфяники явились лишь трансконтинентальные атмосферные выпадения в результате испытаний ядерного оружия прошлых лет и последствий Чернобыльской аварии. В специальных работах подчеркивается кластерная структура "зараженных" участков торфяников площадью до сотен квадратных километров. За 5 лет радиоактивность торфов в целом снизилась на 95%. Через 90 дней практически остались только Cs, Rb, Ce, Sr, миграция которых вглубь торфов не превышает 100 мм. Радионуклидами обогащалась фракция торфов с размером

частиц 3-5 мм., составляющая около 20% их объема. Установлено, что на сорбцию торфами радионуклидов, в частности, цезия, влияют количественные соотношения других элементов, в данном случае калия, и особенности щелочно-кислотного режима. Проблема дальнейшей эволюции радионуклидов в торфах усложняется "вторичным" поступлением их с поверхностными водами в торфяники из других ландшафтных обстановок. Тем самым, техногенные загрязнения торфяников являются весьма индивидуализированными в каждом конкретном случае.

Для дальнейшей оценки экологического состояния торфяников, в том числе ураноносных, целесообразно проведение мониторинга с учетом как природно-геологических, так и техногенных факторов перераспределения радионуклидов.

Работа подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

## **РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЯХ**

### **RADIOACTIVE ELEMENTS IN COAL**

Рихванов Л.П., Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, Томск, пр. Ленина 30,  
тел. 418910.

Радиоактивные элементы в углях изучаются длительное время. Особенно это касается урана в связи с возможностью обнаружения промышленных его концентраций в углях (И. Бреггер, М. Дьюл, В.И. Данчев, З.А. Некрасова, М.И. Альтгаузен, М.П. Стрелянов, В.Ф. Пеньков, С.В. Винокуров, Г.Я. Островская и многие другие).

Так, в США уже в 1875 году (до открытия явления радиоактивности) обращали внимание на ассоциацию урана с углистыми породами (Дж. Вайн, 1962).

Но наибольшее внимание эта проблема привлекла специалистов с момента создания первых атомных программ в США, а затем в СССР, когда в необычайно короткие сроки создавалась минерально - сырьевая база атомной промышленности (первый урановый бум).

В этот период были выявлены и детально изучены месторождения углей различного типа, содержащие уран в количестве от 0,00п до 0,п - п,п %. Они были объединены в самостоятельный тип уран - угольных месторождений (Хейнрих, 1962, Бойцов, 1989 и др.). При этом отмечалось, что несмотря на то, что даже наиболее высокорadioактивные угли представляют собой только забалансовую руду, их зола может быть потенциальным крупным источником низкосортного уранового сырья. К числу проблем, возникающих в связи с получением урана из высокосольных углей,

относятся методы разработки маломощных пластов, процесса их экологически приемлемого сжигания и последующего вскрытия золы.

Исследования угольных месторождений СНГ, а также анализ опубликованных данных по радиогеохимическим особенностям углей (см. табл. 1.) позволили разделить их на пять групп: 1) угли с нижекларковым содержанием урана и тория относительно их кларка в верхней континентальной коре (2,8 и 10,7 соответственно по Тейлору и др., 1988) и нормальным торий - урановым отношением (2,5 - 5 по Слоу и др., 1974); 2) угли с нижекларковым содержанием урана и тория, или околочларковым для тория, при торий - урановом отношении больше нормального (2,5); 3) угли с нижекларковым содержанием радиоактивных элементов и торий - урановым отношением меньше нормального (2,5); 4) угли с вышекларковым содержанием урана и нижекларковым содержанием тория при торий - урановом отношении меньше нормального; 5) угли со значительно вышекларковым содержанием урана и нижекларковым содержанием тория при торий - урановом отношении меньше 1 (ураноносные угли).

Угли Кузбасса в большей своей части относятся к образованиям 1 и 2 классов тогда как угли Печерского бассейна в значительной мере принадлежат к 4 и 5 классам, так же как и угли Донбасса. Угли Мосбасса могут быть отнесены к образованиям 1 и 2 класса. Типично ураноносными углями являются угли месторождений района Вермион - Крик (США), бассейна реки Эрбо (Испания). В Западной Сибири к этому типу (5 класс) могут быть отнесены угли Итатского месторождения на северо-востоке Кемеровской области.

При этом установлено следующее:

- значительная часть каменных углей характеризуется околочларковыми содержаниями урана и нижекларковыми содержаниями тория;

- повышенной ураноносностью обладают угли низких степеней метаморфизма (бурые угли и лигниты). Гумусовый тип углистого вещества в бурых углях и лигнитах обуславливает их значительную способность ассимилировать (поглощать и сорбировать) уран. От 57 до 90 % урана концентрируется в гуминовых кислотах с максимальной молекулярной массой (J. Drew a.e., 1987);

- в процессе метаморфизма концентрации урана и тория уменьшаются. Особенно отчетливо это наблюдается в провинции Альберта (Канада), где концентрации урана и тория в углях уменьшаются в 5 - 10 раз от марки MVB (битуминозные) к марки Д (полуантрациты). В Кузбассе наблюдается уменьшение содержаний урана и тория от углей марки Д к Ж и К, при увеличении их концентраций в углях марок ОС и Т и дальнейшем уменьшении в антрацитах;

- содержание радиоактивных элементов уменьшается с увеличением содержания витринита. В Донбассе установлено снижение концентрации урана от клареновых и клареновых к ультраклареновым типам углей (Сергеев и др., 1984);

- угли с околоскларковым содержанием урана и тория характеризуются сравнительно выдержанным характером распределения радиоактивных элементов по латерали;

- в углях с околоскларковым содержанием радиоактивных элементов (Кузбасс, Канада и др.) отмечается прямая значимая корреляционная связь урана и тория, а также редких земель и циркония в углях с их зольностью, тогда как в углях с высокой концентрацией урана И. Бергер и др. (1955) указывают на обратные соотношения;

- содержание урана и тория имеет тенденцию к увеличению с повышением содержания сульфидной серы в углях;

- повышенные содержания урана и тория в углях сопровождаются накоплением суммы редких земель, циркония, гафния и некоторых других редких элементов;

- в углях с повышенным содержанием урана (более 20 г/т) наблюдается его концентрирование в легкой (менее 1,3) и тяжелой (более 1,7 г/см<sup>3</sup>) фракциях угля, при его минимальном содержании во фракции 1,4 - 1,5 г/см<sup>3</sup>. При околоскларковых содержаниях урана в углях наблюдается его максимальное накопление в тяжелых фракциях (> 1,7). Эту тенденцию подтверждают и данные Некрасовой (1959). Для тория отмечается сходная картина;

- в золах углей уран и торий максимально накапливаются в золах легких фракций угля (<1,5 г/см<sup>3</sup>);

- при сжигании углей в их золах происходит концентрирование радиоактивных, редких, редкоземельных и др. элементов. Коэффициент концентрации для урана и тория колеблется от 1,5 - 2 до 10 - 15 и зависит от полноты озоления угля, марочного состава и зольности угля. Часть радиоактивных элементов и продуктов их распада концентрируется в золах уноса, переходит в пыле - газоаэрозольные образования и становятся источником интенсивного загрязнения окружающей среды (Игнатов и др., 1995, Кизельштейн и др., 1995, Гавшин и др.);

- повышенные концентрации урана приурочены, как правило, к краевым частям угленосных бассейнов, вблизи районов развития горных пород с вышекларковым содержанием радиоактивных элементов (граниты, вулканиты кисло - щелочной серии, углеродисто - кремнистые сланцы);

- уровень накопления урана в углях зависит от проницаемости перекрывающих и подстилающих пород;

- наивысшее содержание урана внутри угольного пласта присуще глинистым пропласткам или приурочено к поверхности отдельностей пластов, тогда как мини-

...ые концентрации его находятся в центральной части малопроницаемых чисто ...ых пластов;

- самые высокие концентрации урана в угле соответствуют той части разре-  
а которая содержит наибольшее количество проницаемых пород. Поэтому в пре-  
агах угленосной толщи отмечается волнообразное распределение радиоактивных  
...ствующих им элементов;

- локализация уранового оруденения в углях в большинстве случаев носит  
...генетический характер и приурочена к зонам трещинноватости, трещинам усыха-

- радиоактивные элементы в углях могут присутствовать в следующих фор-  
ах связанные с углеродистым веществом в виде металл - органических соедине-  
а в терригенной составляющей в уран - торий содержащих минералах (цирконий,  
...охлор, монацит и др.), образовывать собственные минералы. Чистая орга-  
аеская матрица угля содержит урана на 1 - 2 порядка меньше, чем сам уголь;

Таблица 1.

Содержание радиоактивных элементов в углях (г/т) различных бассейнов мира.

Уголь, месторождение, бассейн, страна	Уран	Торий	Th/U	Источник данных
Угли, бассейн р. Эрбо, Испания	10 - 75	4 - 13	~ 0,4	Martin a. e., 1970 <sup>1</sup>
Уголь пласта Уайодаи, бассейн р. Паудер, Вайоминг	0,2	—	—	Drever a. e., 1977
То же, но в приконтактной части с вмещающими породами	8	—	—	
Угли, бассейн р. Арена - дель - Рей, Испания	10 - 298	4 - 22	~< 0,1	Martin a. e., 1970 <sup>2</sup>
Каменный уголь, Канада	0,07 - 7,5	0,3 - 11	~ 2	Van der Flier a. e., 1985
Уголь, бассейн Вермион - Крик	9 - 20	—	—	Leventhul a. e., 1987
Уголь, рудный район Пфальца, Германия	20 - 50	—	—	Nottes, 1988
Угленосная формация, Северо - восточная Греция	18 - 4460	—	—	Taupitz, 1984
Угольное поле Сидни, Новая Зеландия, остров Кейп - Бретон	0,46 (0,2 - 1,1)	—	—	Zodrow a.e., 1979
Битуминозный уголь, 1632 <sup>a</sup> , Англия	1,28 ± 0,02	4,5 ± 0,1	3,5	Asuen, 1989
Бурые угли, бассейн Вермилион - Крик	9 - 20	—	—	Leventhul a. e., 1987
Бурые угли Мира	0,1 - 200 <sup>b)</sup> пересчет с рКу/г	2 - 40 <sup>b)</sup>		Simopoulos a. e., 1987
Угли горы Аллен, бассейн Альберта, Канада	0,2 - 4,9	0,1 - 7,2	0,8 - 4	Goodarzi, 1987
Угли штата Миссури, США	1,06 - 40,4	0,89 - 2,25	0,02 - 1,9	Provance a. e., 1990
Донецко - Украинский бассейн (пробы предоставлены Г.А. Волковой)	9,2 (0,8 - 14)	4,1 (2,3 - 8,6)	0,4	Наши данные
Кузбасс, Россия	1,9 (0,1 - 7)	2,7 (0,5 - 23)	1,4	
Канско - Ачинский бассейн (пробы предоставлены В.А. Домаренко)	16,5 (5,0 - 57)	2,8 (0,4 - 9,9)	0,17	



Уголь, бассейн, месторождение, страна	Уран	Торий	Th/U	Источник данных
Печерский бассейн	5,2 (0,8 - 20,8)	3,8 (0,6 - 34,6)	0,73	
Томский бассейн	6,3 (3,6 - 9,7)	4,2 (2,6 - 7,9)	0,67	
Приморский, Дальний Восток, каменные угли	2,0 (1,9 - 2,1)	1,4 (1,1 - 1,6)	0,7	
Дальний Восток, бурые угли	2,6 (1,9 - 2,4)	2,5 (1,7 - 3,5)	0,96	
Кизеловский	2,2	1,9	0,8	Смыслов, 1974
Южно - Уральский	2,9	2,4	1,8	
Иркутский	3,5	4,4	1,3	
Подмосковный	6,8 (4,6 - 13,7)	8,1 3,7 - 19,6	1,2	
Печерский	2,7 (1,2 - 7,9)	5,5 (1,3 - 11,5)	2,0	
Кузнецкий	4,2 (1,4 - 7,2)	8,9 (2,8 - 20)	2,1	
Приморский	4,7 (2,8 - 10,8)	7,4 (3,7 - 15,7)	1,8	
Тувинский	2,5 (1,6 - 6,5)	2,6 (1,2 - 8,5)	1,0	
Тунгусский	2,4 (1,2 - 5,0)	3,7 (1,2 - 6,8)	1,5	
Экибастузский	3,7 (2,6 - 6,1)	4,1 (2,1 - 8,5)	1,1	
Львовско - Волынский	3,0 (1,2 - 6,7)	2,5 (1,2 - 8,0)	0,8	
Донецкий	1,8	2,8	1,5	
Московский	2,0	7,7	3,8	
Шубаркульское, Казахстан	0,42 (0,31 - 0,6)	0,81 (0,65 - 0,96)	1,9	
Назар - Айлоксое, Таджикистан	1,72 - 2,91	0,42 - 14,4		Беляев, Педаш 1989
Кузбасс, Ленинский район	1,25 (по Ra) (<1 - 6)	3,2 (0,4 - 7,8)		Валиев и др., 1993
Донбасс	1,7 - 5,6	1,1 - 2,8	1,1 - 2,0	Бурксер и др., 1934
Донбасс, угольный пласт в зоне сингенетического размыва	1,3 - 6,3	1,4 - 12,6	0,8 - 2,0	Кизельштейн и др., 1989
Донбасс, угольный пласт в зоне осложнения структуры	0,6 - 2,0	0,5 - 1,8	0,8 - 2,5	
Донбасс, в зоне расщепления угольного пласта	0,7 - 2,5	0,9 - 5,3	1,1 - 4,9	
Донбасс, в зоне тектонического нарушения	0,9 - 2,1	0,1 - 2,2	0,8 - 10	

В минерализованных углях с содержанием урана 100 и более г/т исследователями отмечается ряд особенностей, которые не устанавливаются в углях с окрестарковыми содержаниями урана. К таковым относятся:

- 1) снижение содержания углерода и водорода по мере увеличения концентрации урана;
- 2) уменьшение величины теплотворной способности углистого вещества с увеличением содержания урана;
- 3) уменьшение содержания летучих компонентов в углях с увеличением содержания урана;
- 4) увеличение отражательной способности углистого вещества вблизи минеральных скоплений урана.

По мнению И. Бергерá (1976) это может иметь радиационно - химическую природу, а не генетическую, обусловленную условиями осадкообразования и последующего преобразования пород.

### **РАДИОЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОСБАССА.**

**ECOLOGIC MAINING RADIOACTIVE ELEMENTS IN THE MOSCOW COAL BASIN.**

Игнатов П.А., Лыхин А.И., Фридман А.И.

Московская государственная геологоразведочная Академия, Московский геологоразведочный институт, 117485, Россия, г. Москва, тел. (095) 433-64-33

Угленосные отложения Мосбасса в ряде площадей отличаются повышенной радиоактивностью. В этой связи остро стоит проблема заражения отходов естественными радиоактивными элементами. Вполне вероятно, что повышенной радиоактивностью будут обладать получаемые из отходов угледобычи золошлаковые строительные материалы (прессованные стеновые материалы, шлакоблоки, бетон фундаментов и пр.) для жилищного строительства и продукты для сельского хозяйства (гуминовых кислоты, биологически активные вещества, компоненты, улучшающие структуру почв, раскислители и пр.). Радиозэкологическая ситуация усугубляется наличием техногенного радиоактивного заражения территорий Центральной России от аварии на Чернобыльской АЭС.

Ниже рассмотрены радиогеохимические особенности углей (товарной продукции шахт и разрезов), продуктов их обогащения, отвалов и зол некоторых ГРЭС и ТЭС, использующих бурый уголь Мосбасса, подземных вод, омывающих угленосные отложения.

В основе анализа лежат результаты спектральных, рентгено-спектральных и радиохимических определений, выполненных в лабораториях ВНИИХТА (материалы П.Р. Петрова с соавторами), А.О. "Подмосковное" (материалы А.Д. Жижина) и собственные данные.

К угленосным отложениям Мосбасса приурочен ряд аномальных концентраций, рудопроявлений и даже мелких месторождений урана, с содержаниями до десятых долей процента. Несмотря на это, содержания урана в углях бассейна в среднем низкие (3-4г/т). В товарной продукции уран, торий и радий встречаются в повышенных концентрациях (в два-три раза выше фоновых) лишь в единичных объектах угледобычи (на шахтах Нелидовская, Липковская, разрезе Ушаковский). Имеющиеся немногочисленные данные показывают незначительные колебания содержания естественных радиоэлементов. Близки к средним значениям для осадочных пород (2,5 - 5,0) и торий-урановые отношения.

Кажущееся противоречие, заключающееся в отсутствии повышенных фоновых концентраций урана и наличии урановых руд, объясняется тем, что концентрации урана располагаются за пределами контуров распространения промышленных угольных пластов. Наиболее высокие скопления урана в Мосбассе в виде рудопроявлений приурочены к флангам и межугольным пространствам угольных залежей. В этой связи в анализируемые пробы товарной продукции ураноносные угленосные отложения, как правило, не попадают.

Шахтные воды ряда предприятий Мосбасса отличаются повышенными концентрациями радона, превышающими в десятки раз ПДК. Это накладывает ограничения на их использование в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Опробование отвалов шахт Каменецкая и Смирновская, формируемых с 50-х годов, показало, что содержание в них ряда элементов, в том числе урана, заметно ниже, чем в товарной продукции. Это можно объяснить экзогенным выносом вещества из отвалов (во всяком случае, из верхней части терриконов), что косвенно подтверждается анализом распределения соединений серы, радия и урана.

Изучение форм нахождения серы в отвалах показало, что значительная ее часть находится в окисленной сульфатной форме. Это является указанием на существование сернокислотной Среды, благоприятной для миграции многих оксифильных металлов, в том числе урана. Значение отношения радия к урану в отвалах также указывает на процессы выщелачивания урана из техногенных отложений. Коэффициент радиоактивного равновесия изменяется в значительных пределах от 20% до 414% и в большинстве случаев превышает 100%, что свидетельствует о накоплении радия и выносе части урана.

В настоящее время наибольшую экологическую опасность представляют золы и шлаки ТЭЦ и ГРЭС, которые использовали при сжигании угли, обогащенные

радиоактивными и радиоактивными элементами. В ряде случаев в золах происходит существенное накопление (на порядок и более) урана и тория по сравнению с угля-

Таблица

Результаты гамма-спектрометрических анализов отвалов шахт Смирновской (С) и Каменецкой (К).

	Ra n*10 <sup>-9</sup> %	U n*10 <sup>-4</sup> %	Th n*10 <sup>-4</sup> %	Ra/U n*10 <sup>-7</sup>	K pp	Th/U
	0,31	5,2	13	5,96	175	2,5
	0,17	4,2	4,6	4,05	119	1,1
	<0,03	4,3	6,0	0,7	20	1,4
	0,28	4,2	9,8	6,87	202	2,3
	0,28	4,0	12	7,0	206	3,0
	0,1	3,1	9,0	3,22	95	2,9
	0,13	2,3	5,9	5,65	166	2,56
	0,24	3,2	9,0	7,5	220	2,8
	0,05	2,7	5,3	1,85	54	1,96
	0,08	1,2	4,0	6,67	196	3,3
	0,2	3,5	9,5	5,71	168	2,71
	0,19	2,3	8,3	8,26	243	3,61
	0,31	2,2	9,1	14,1	414	4,1
	0,24	3,4	10	7,06	208	2,94
	0,22	4,0	11	9,5	279	2,75
	0,15	3,0	5,7	5,0	147	1,9

Анализы выполнены в аналитическом центре ГИН РАН.

Имеющие место содержания урана и тория (таблица) в золоотвалах по нормам радиационной безопасности находятся на границе предельно допустимых.

Классифицированы выделены золы уноса двух типов, содержащие радионуклиды ниже и выше предельно допустимых концентраций. Золы уноса Щекинской ГРЭС, секции № 1 отвалов Первомайской ТЭЦ и секции № 3 Алексинской ТЭЦ, в которых активность превышает 10 пКи/г, не могут быть использованы при строительстве жилых и общественных зданий. Стеновые материалы для жилищного строительства, изготовленные на их основе, будут представлять опасный источник эманирования радонотрона.

Отмеченные радиогеохимические особенности Мосбасса обуславливают в нем невысокую радиозэкологическую опасность угледобывающих предприятий, за исключением радононосных сбросных вод и отвалов некоторых шахт и разрезов, и необходимость тщательных радиогеоэкологических исследований отходов угледобывающих предприятий, предназначенных для производства жилищных строительных материалов.

**ЗАКОНОМЕРНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В  
МАСШТАБАХ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИ ПРОЦЕССАХ РЕГИОНАЛЬНОГО  
МЕТАМОРФИЗМА И УЛЬТРАМЕТАМОРФИЗМА ГОРНЫХ ПОРОД**

**REGULAR REDISTRIBUTION OF RADIOACTIVE ELEMENTS ON THE EARTH CRUST  
SCALE UNDER REGIONAL METAMORPHIC AND ULTRAMETAMORPHIC  
PROCESSES**

Ермолаев Н.П.

Институт литосферы Российской АН, 109180, Россия, Москва,  
Старомонетный пер., 22, тел. (095) 231-2783, факс (095)233-5590

Анализ литературных материалов по содержаниям урана и тория в различных геологических блоках материковой коры [Ронов, Мигдисов, 1970; ADAMS, WEAVER, 1958; SHAW, 1968 и др.], как и наши исследования на территориях Алданского щита [Ермолаев, Жидикова, 1966], Центральной Азии [Ермолаев, 1971], Саксонских Рудных гор [Ермолаев, Величкин, 1976], свидетельствуют о снижении радиоактивности парапород на глубоких уровнях земной коры. На Русской платформе по результатам массовых анализов среднее содержание урана в осадочном чехле составляет  $2,6 \cdot 10^{-4}\%$  при содержании в метаморфическом фундаменте  $1,9 \cdot 10^{-4}\%$ . Аналогичные характеристики для Северо-Американской платформы, соответственно,  $3,6 \cdot 10^{-4}$  и  $1,2 \cdot 10^{-4}\%$ . В метаморфитах докембрия Северной Норвегии градиенты концентраций радиоэлементов еще более контрастны (табл. 1).

Таблица 1

**Средние содержания U и Th ( $10^{-4}\%$ ) в гнейсах и кристаллических сланцах докембрия Северной Норвегии [Heier, Adams, 1965]**

Фашия регионального метаморфизма	U	Th
Эпидот-амфиболитовая	3,45	26,48
Амфиболитовая	1,22	9,39
Гранулитовая низкая ступень	0,88	4,09
Гранулитовая высокая ступень	0,39	0,93

Данные по снижению радиоактивности осадочно-метаморфических пород с нарастанием интенсивности регионального метаморфизма согласуются с изотопными наблюдениями А.П. Виноградова [1955], А.И. Тугаринова [1961], Г. Жеффруа [JEFFREYS, 1948], Р.Р. Маршалла [MARSHALL, 1960], выявивших систематические неувязки при определениях абсолютного геологического возраста урано-свинцовыми методами. Древние формации еще более удревлены по возрастам, рассчитываемым из отношений  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  и  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ . В то же время геохронологические интерпретации хорошо согласуются по отношениям

$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Такой парадокс объясняется направленной миграцией урана (и тория) из зон высокой инертности радиогенных свинцов. Радиоактивные элементы перераспределяются из нижних оболочек земной коры в верхние, то есть из условий с более напряженными Р-Т-параметрами в менее напряженные условия. Иначе говоря, в геологической эволюции земной коры возникает и функционирует направленный поток радионуклидов в верхние оболочки Планеты, что может создать условия, препятствующие жизни на Земле.

Изучение минеральных преобразований в осадочных горных породах при их прогрессивном метаморфизме показывает, что потеря радионуклидов происходит в связи с процессами дегидратации и дегазации водных алюмосиликатов, фосфатов, карбонатов, высокоуглеродистых фаз, а также перекристаллизации этих минералов с формированием более совершенных структур. Исходя из масштабности таких преобразований, можно подсчитать массу освобождаемых урана и тория. При переходе от условий амфиболитовой фации к гранулитовой (на примере алданского докембрия) кристаллические сланцы и гнейсы отторгают от каждого  $\text{км}^3$  в среднем 1200-1500 т U и до 20000 т Th. При развитии прогрессивного метаморфизма от уровня зеленосланцевой до эпидот-амфиболитовой фации или до контактовых роговиков (близ гранитных интрузий) песчано-сланцевые породы Западного Узбекистана отторгают 2000-3000 т урана, а в случае метаморфизма высокоуглеродистых сланцев — от 9000 до 12000 т урана от 1  $\text{км}^3$  горных пород. Средой транспортировки этих огромных количеств радиоэлементов являются водно-кислые растворы, формирующиеся здесь же, при перекристаллизации гидроалюмосиликатов, карбонатов с замещением их тальком, эпидотом, амфиболами, пироксенами, а также при окислении высокоуглеродистого вещества.

Физико-химический анализ механизмов освобождения радиоактивных элементов с их переходом в геохимическую миграцию базируется на закономерностях самоочистки перекристаллизуемого вещества от примесей в связи с различной растворимостью макро- и микрочастиц, а также от избыточной энергии на границе раздела фаз [OSTWALD, 1900]. Энергетическое и кристаллохимическое толкование этих явлений предложено Дж. Гиббсом [GIBBS, 1892], Н.А. Рудневым [1968], К. Мейером [1972]. Н.А. Рудневым рассмотрен механизм отторжения микроэлементов в связи с образованием в процессах перекристаллизации новых структурных построек, не сходных со структурой примеси. Этот способ освобождения порообразующих минералов от примеси увеличивает выход урана в миграцию при метаморфизме обогащенных им твердых углеводородов до графита и водных фосфатов до апатита в черных сланцах.

При ультраметаморфизме имеет место возрастание радиоактивности от ранних этапов процесса к завершающим этапам. Образующиеся калиево-алюмосиликатные расплавы на завершающих стадиях ультраметаморфизма экстрагируют уран и торий при обеднении примесью этих элементов вмещающих парагнейсов и ранних (серых) плагиогранитогнейсов. Формируются переплавленные комплексы гранитно-метаморфического слоя земной коры значительно обогащенные радионуклидами по сравнению с перекрывающими их осадками и подстилающими глубоко метаморфизованными породами диоритового (андезито-метаморфического) и гранулитобазитового слоев (табл. 2).

Существуют лишь схематичные представления о нахождении радиоэлементов в природном расплаве в виде радикалов алюмосиликатного и силикатно-галогенидного типа [Ермолаев, Тарасов, 1963], прочно удерживающих уран и торий. Как диссоциация способных к возгонке кислородных соединений U и Th, так и активный гидролиз их соединений в расплаве с галогенидами, серой углеродом в присутствии даже следов паров воды препятствуют отделению радиоэлементов из зоны анатексиса и гранитизации. На глубинах 10–25 км формируется слой, поглощающий нуклиды, мигрирующие из глубоких зон земной коры. Этот слой ассимилирует радиоактивную примесь, обогащаясь ею и препятствуя ее дальнейшей миграции к поверхности Планеты.

Возможно провести аналогию защитной роли зоны, где протекают процессы калиевой гранитизации, задерживающей поступление урана и тория на земную поверхность, с зоной ионосферы, предохраняющей жизнь на Земле от губительных космических излучений сверху. В конечном счете, сочетание подстилающего (гранитно-метаморфического) и защищающего сверху ионосферного слоев обеспечило возможность развития жизни между ними, что отличает нашу планету от других тел Солнечной системы.

Таблица 2

**Радиогеологическая характеристика слоев земной коры [Смыслов, 1974]**

Слой	Мощность, км	U, 10 <sup>-4</sup> %	Th, 10 <sup>-4</sup> %	K, %
Осадочный	2–10	2–3	10–15	2–3
Гранитно-метаморфический	5–15	4–5	15–20	3–4
Диоритовый	5–10	1–2	5–8	1–2
Гранулитобазитовый	5–10	0,1–1,0	1–3	0,5–1,0

**РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ФОРМАЦИОННОЙ  
ПРИНАДЛЕЖНОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ (ПО ДАННЫМ АВТОРАДИОГРАФИИ)  
RADIOACTIVE ELEMENTS AS INDICATORS OF THE ULTRAMAFIC FORMATION  
TYPE ACCORDING TO AUTORADIOGRAPHIC DATA.**

Гертнер И.Ф., Чернышов А.И., Бетхер О.В., Тарасенко И.Г.

Томский государственный университет, 634050, Россия,

г. Томск, пр. Ленина 36, тел. (3822) 23-07-17

Геохимическая изученность ультрамафитов с точки зрения современных требований остается явно недостаточной, особенно в отношении редких и радиоактивных элементов, концентрации которых в данных породах находятся на уровне чувствительности многих аналитических методов. Тем не менее, распределение именно этих некогерентных компонентов используется в качестве индикатора геодинамических условий формирования, металлогенической специализации и петрогенезиса горных пород. Решению проблемы способствует применение трековой осколочной радиографии, позволяющей определить содержание урана и тория на уровне  $10^{-7}$  -  $10^{-9}$  масс. % (Флеров, Берзина, 1979; Катков и др., 1984; Вертман, Левицкий, 1981; и др.).

В предпринятом исследовании проведена оценка радиоактивности ультрамафитов из трех различных по своей формационной принадлежности комплексов: Парамского гипербазитового (Витимское нагорье), Иоко - Довыренского дунит-троктолит-габбрового (Северное Прибайкалье) и Инаглинского щелочно-ультраосновного (Алданский щит).

Изученные породы охватывают широкий спектр петрогенетических типов ультрамафитов (от реститовых до кумулятивных), которые подверглись в различной степени пластическим деформациям на уровне консолидации в земной коре.

Гипербазиты Парамского массива, входящие в состав метаморфической ("реститовой") серии офиолитов, характеризуются минимальным уровнем накопления радиоэлементов ( $U = 2-19$  мг/т,  $Th = 6-62$  мг/т). С увеличением степени реститования в ряду от гарцбургитов к дунитам их содержание падает. Величина отношения  $Th/U$  варьирует в широких пределах от 0.5 до 15, обнаруживая связь с наложенными пластическими деформациями и вторичной рекристаллизацией.

Магматогенные ультрамафиты Иоко-Довыренского расслоенного плутона, представляющие собой типичные оливиновые кумулаты, отличаются более высоким содержанием элементов ( $U=18-56$  мг/т,  $Th = 60-200$  мг/т) и устойчивыми значениями параметра  $Th/U=2-5$ . Концентрации урана и тория, а также K, Rb, Nb, Sr, Ti определяются количеством интеркумулусных минералов (орто- и



клинопироксена, плагиоклаза, биотита, пирротина, хроммагнетита). Роль пластических деформаций в формировании данного комплекса минимальна и выражается в совместном выносе U и Th (Гертнер, 1992).

Дуниты Инаглинского массива, обнаруживающие признаки как метаморфических, так и магматических образований, характеризуются крайне сложным распределением радиоэлементов. При общем наиболее высоком уровне содержания элементов их концентрации испытывают значительные вариации ( $U=20-200$  мг/т,  $Th=15-1200$  мг/т,  $Th/U=0.1-17$ ). Полученные данные позволяют предполагать, что максимальная подвижность данных металлов проявляется при процессах вторичной рекристаллизации, в результате которой формируются локальные зоны их выноса или накопления в составе акцессорных минералов.

Сравнительный анализ изученных пород с учетом особенностей их петроструктурной эволюции показал, что в качестве исходного значения параметра Th/U, характеризующего процессы парциального плавления и фракционной кристаллизации, следует принимать величину 2-6. Нарушение равновесия между радиоэлементами, приводящее к обогащению ультрамафитов одним из них, связано с микроструктурным преобразованием, обусловленным поздними синметаморфическими деформациями и вторичной рекристаллизацией при участии флюидных растворов. При этом первичное распределение урана и тория демонстрирует последовательный рост радиоактивности в ряду формационных типов: "альпинотипные" гипербазиты — ультрамафиты расслоенных интрузий — ультрамафиты щелочно-ультраосновных комплексов. Данная эволюционная направленность отражает специфику генезиса пород и смену геодинамических условий их формирования от типично океанической обстановки к типично континентальной.

## **ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРИГРАНИТНЫХ ЭКЗОКОНТАКТОВЫХ ЗОН**

### **ASSESSING THE ECOLOGICAL HAZARDS OF RADIOACTIVITY OF GRANITE PLUTON EXOCONTACT ZONES**

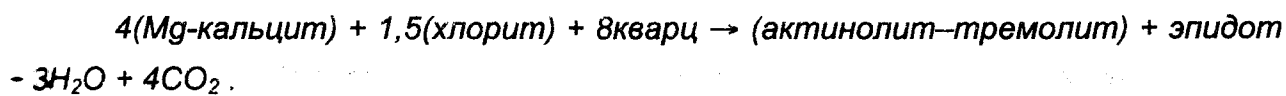
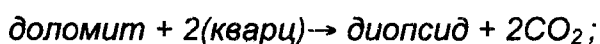
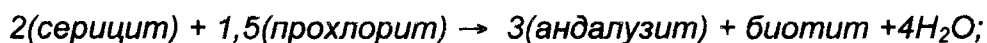
Ермолаев Н.П.

Институт литосферы Российской АН, 109180, Россия, г. Москва,  
Старомонетный пер., 22, тел. (095) 231-2783, факс (095)233-5590

Изученные в Северном Нуратау (Западный Узбекистан) процессы пригранитного контактового метаморфизма в углеродисто-кремнистых, карбонатных и сланцевых отложениях венда – нижнего палеозоя фиксируются по возникновению характерных высокотемпературных новообразований. Непосредственно около

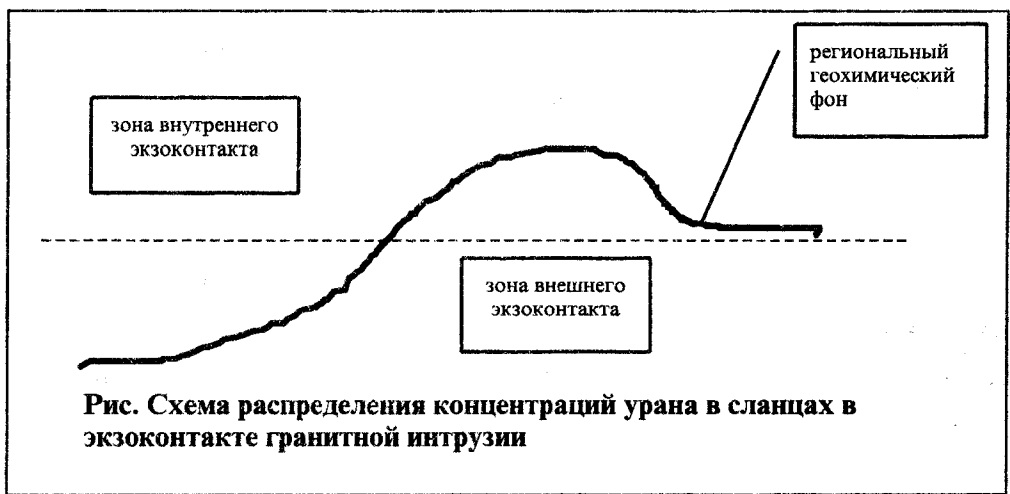
интрузий гранитоидов наблюдаются ороговикованные сланцы (зона внутреннего экзоконтакта): породы, интенсивно окварцованные, с биотитом, разрушенным высокоуглеродистым веществом. В слоях, содержащих карбонатный материал, развиваются волластонит, диопсид, эпидот, а в слюдястых слоях — кордиерит и андалузит. В удалении от гранита, в зоне, промежуточной между роговиковой и измененными сланцами, характерными признаками ослабленного влияния магматического тела являются андалузитовая вкрапленность в слюдястых слоях и актинолит-хлорит-эпидотовая ассоциация в карбонатсодержащих отложениях. Это зона внешнего экзоконтакта. Далее наблюдаются сланцы, преобразованные в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма, расположенные за пределами теплового влияния интрузии.

Как и при региональном метаморфизме, экзоконтактовые преобразования сопровождаются отторжением от пород урана [Ермолаев, 1971, 1973, 1980]. Вынос радиоактивной примеси происходит на фоне реакций дегидратации и декарбонатизации сланцев:



Использование полевой гамма-спектрометрии и лабораторного метода осколковой радиографии [Флеров, Берзина, 1979] позволило установить, что за пределами влияния интрузии углеродистые сланцы в конкретном геологическом блоке содержат  $7,3 \cdot 10^{-4}$  процента урана. В роговиковой зоне (во внутреннем экзоконтакте) среднее содержание урана по площади опробования снижается до  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$ . Но во внешнем экзоконтакте, в различных литологических разновидностях зеленосланцевой пачки возникают концентрации от 10 до  $15 \cdot 10^{-4}\%$  образующие "волну" перемещенной радиоактивной примеси (рисунок).

Осколково-радиографическое исследование таких сланцев свидетельствует о неоднородности распределения примеси.



На лавсановых детекторах, снятых с облученных шлифов из разных зон контактового метаморфизма, фиксируются единичные треки осколков индуцированного деления урана, характеризующие фоновое поле, и сообщества треков, сгруппированных в "звезды" (табл. 1). Подсчет числа треков на единицу площади детектора показывает, что во внутреннем экзоконтакте количество урана в локально сгруппированной форме (то есть в "звездах") пониженное по сравнению с регионально метаморфизованными сланцами, а количество в рассеянной форме снижается еще более значительно.

Во внешнем экзоконтакте концентрация рассеянной примеси ("фоновое поле") по сравнению с неизменными сланцами не меняется, но резко увеличивается доля урана в "звездах", на которые здесь приходится три четверти всего металла сланцев.

В последующие эпохи в зоне внешнего экзоконтакта формируются межпластовые прожилки с урано-битумной, кальцит-настуран-гидрослюдистой и гипергенной карнетит-гидрогематит-глинистой минерализацией. Эти прожилки известны только в геологических блоках зоны внешнего экзоконтакта, обогащенных "звездами". В пригранитных роговиках или регионально преобразованных сланцах они не образуются.

Осколково-радиографическое изучение сланцев, контактирующих с рудными прожилками, показывает, что для их образования расходуется уран "звезд". При этом наиболее жадно заимствует металл "звезд" экзогенный процесс. Из выполненных наблюдений следует, что зона внешнего экзоконтакта в сланцах обогащена геохимически мобильной формой урана, в экзогенных процессах активно переходящего в миграцию (таб. 2).

**Распределение урана в углеродисто-кремнистых сланцах в зоне воздействия гранитной интрузии (концентрации  $n \cdot 10^{-4} \%$ )**

Сложение участка опробования	Валовое содержание в породе	Локальное содержание в различных формах нахождения		Относительное количество U породы в различных формах, %	
		"звезды"	фоновое поле	"звезды"	фоновое поле
Измененные сланцы вне зоны влияния гранита	7.30	20.31	6.10	21	79
Внешний экзоконтакт	14.73	27.99	6.25	74	26
Внутренний экзоконтакт	1.68	11.61	1.40	13	87

Таблица 2

**Перераспределение урана при воздействии на сланцы внешнего экзоконтакта наложенных процессов (концентрации  $n \cdot 10^{-4} \%$ )**

Объект опробования	Валовое содержание в породе	Локальное содержание в различных формах нахождения		Относительное количество U породы в различных формах, %	
		"звезды"	фоновое поле	"звезды"	фоновое поле
Измененные сланцы во внешнем экзоконтакте	10.49	21.62	5.95	58	42
Сланец около урано-вумного прожилка	8.53	20.20	6.25	36	44
Сланец около железитового прожилка	9.50	24.30	7.07	19	81

Ручей Карачагай, пересекающий эту зону, заимствует избыточный над фоновым уран сланцев с возникновением в воде концентраций до  $3 \cdot 10^{-4}$  г/л, тогда как выше по течению эта величина на два порядка ниже:  $(1-2) \cdot 10^{-6}$  г/л. На всем протяжении ручья вода по солевому и газовому составу повышенно-гидрокарбонатная, напоминающая по вкусу "Нарзан", что благоприятствует миграции урана.

Карачагай впадает в крупный ручей Синтяб, в нижней части которого перед исчезновением вод в грунтах Голодной Степи построен одноименный санаторий. В среднем течении р. Синтяб, ниже впадения Карачагай концентрация урана в воде составляет  $10^{-5}$  г/л, снижаясь на подходах к санаторию до  $7 \cdot 10^{-6}$  г/л, что все равно в

несколько раз выше среднего содержания этого металла в речных водах. Колодцев в исследованном районе Северного Нуратау нет. Но несомненно, что грунтовые воды здесь резко обогащены ураном, о чем свидетельствует быстрое повышение его концентрации в ручье на протяжении первых сотен метров движения вод. Это необходимо учитывать при проектировании новых населенных пунктов, зон отдыха, пастбищ.

**УРАН В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ГЕОХИМИЯ И ТЕХНОГЕНЕЗ**  
**URANIUM IN THE NATURAL WATERS OF WEST SIBERIA:**  
**GEOCHEMISTRY AND THECHNOGENESIS**

Зуев В.А.

Эколого-гидрогеологическое предприятие "Ноосфера"

634004, Россия, г.Томск, 4, а/я 444. тел. (8-382-2) 417-276, E-mail: va@zuev.tomsk.ru

Проблема урана, как одного из важнейших химических элементов современной цивилизации, имеет два взаимосвязанных аспекта. С одной стороны, это необходимость постоянного развития урановой минерально-сырьевой базы и соответствующей промышленности для удовлетворения нужд технического прогресса, с другой - опасность радиационного загрязнения окружающей среды с угрозой жизни человечеству.

После распада СССР основные разведанные и эксплуатируемые месторождения урана, будучи расположенными в странах ближнего зарубежья, оказались вне юрисдикции Российской Федерации. Сложившаяся ситуация, а также отсутствие (неподготовленность) собственной ураново-рудной базы могут отрицательно сказаться на отечественной ядерной промышленности уже в ближайшие годы. Одним из радикальных путей скорейшего исправления создавшегося положения представляется поиск и разведка урановых месторождений *инфильтрационного* типа, как наиболее распространенных и эффективно осваиваемых методом подземного выщелачивания. В этом отношении к числу перспективных регионов России можно отнести Западную Сибирь.

Важнейшей геохимической особенностью урана является его способность образовывать две валентные формы -  $U^{6+}$  и  $U^{4+}$ , принципиально различные по миграционным свойствам в переменных Eh-pH-условиях геологической среды. Следует подчеркнуть, что окислительно-восстановительный (Eh) потенциал среды имеет существенно большее значение для трансформаций урановых соединений из раствора в твердое состояние и, наоборот, по сравнению с кислотно-щелочным (pH)

потенциалом (рисунок). В окислительной обстановке большинство соединений урана хорошо растворимы и здесь доминируют формы  $U^{6+}$ , способные к накоплению в подземных водах. В нейтральных и восстановительных условиях формируются труднорастворимые соединения  $U^{4+}$ , обогащающие вторичными минералами урана водовмещающие горные породы. По этой причине для гидрогеологических условий Западной Сибири, практически повсеместно сменяющихся окислительную и восстановительную обстановки с резкой редокс-границей на относительно небольших глубинах, характерен весьма широкий диапазон концентраций водорастворенного урана. Разброс его содержаний в подземных водах может достигать здесь 3-4 математических порядков не только в региональном плане, но и в пределах локальных разрезов.

Э.М.В.



Рис. Упрощенная диаграмма Eh-pH для системы U-O-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> при 25 °С и  $P_{CO_2}=10^{-2}$  атм, показывающая поля устойчивости идеального твердого уранинита и растворенных форм уранила (по Дж.Дриверу, 1985, с изменениями)

Крапом показана область типичных значений Eh и pH природных вод. Пунктирные линии - пределы устойчивости воды.

Для подземных вод продуктивных (и перспективных) горизонтов инфильтрационных месторождений Западной Сибири характерны слабощелочные значения pH (обычно 7.6-8.2). Поэтому, учитывая теоретическое положение физико-химической границы "уранинит-уранил" в координатах Eh-pH, следует заметить, что разработка месторождений методом подземного выщелачивания может оказаться более эффективной с использованием содовых (щелочных) растворов, нежели кислых.

Наиболее благоприятные условия для концентрирования урана на окислительно-восстановительных барьерах, вплоть до формирования промышленных скоплений, существуют в мезо-кайнозойских погребенных палеодолинах на возвышенном западном, юго-западном, южном и юго-восточном

обрамлении Западно-Сибирского осадочного бассейна. При наличии восстановительного потенциала (в первую очередь это реакционноспособное органическое вещество) в недрах палеодолин главный фактор эффективного рудогенеза именно на периферии бассейна видится в двух взаимосвязанных причинах: 1) достаточно значительной мощности (до 200-300 м) зоны окисления как вещественного объема, включающего необходимое для рудообразования количество исходного рассеянного "сырья", и 2) весьма активном инфильтрационном водообмене как "транспортном средстве" урана от мест растворения к месту концентрирования (редокс-барьеру).

Высокая насыщенность недр органическим веществом и различного рода восстановителями еще более характерна для внутренних районов Западно-Сибирского осадочного бассейна. Тем не менее, в силу морфоструктурно-гидродинамических особенностей мощность зоны "гидрогеохимической экстракции" урана и интенсивность этого процесса (скорость инфильтрационного водообмена) здесь чрезвычайно малы, что не способствует естественному рудогенезу. Инфильтрационный массоперенос урана реализуется здесь лишь в узком приповерхностном интервале и заканчивается на очень малых глубинах - на уровне грунтовых вод или первого водоносного горизонта - без значительного концентрирования.

Наличие высоких концентраций урана в подземных водах внутренних пространств Западной Сибири абсолютно нетипично и такие факты могут расцениваться как следствие техногенеза. Примером последнего является район Сибирского химического комбината (СХК), вокруг которого выявлена обширная зона многокомпонентного радиационно-химического загрязнения. Кроме урана, наиболее выраженные гидрогеохимические аномалии здесь образуют тритий, нитраты, Cs-137, He, I, F, Li, Na, Sr, Cd, As, Th, Ce, Sm, Ba, трибутилфосфат и его гомологи, ароматические углеводороды, парафины, фталаты и другие загрязнители. Концентрации урана в грунтовых, в т.ч. колодезных, водах этой зоны сопоставимы с таковыми в подземных водах урановых месторождений (таблица).

Механизм концентрирования техногенного урана в природных водах района СХК аналогичен инфильтрационному рудогенезу. Единственное отличие заключается в том, что источником урана являются не вмещающие горные породы, а атмосферные осадки и почво-грунты, загрязненные выбросами промышленных предприятий. По причине резко выраженной изменчивости направлений подземных потоков в зоне интенсивного водообмена (нисходящие на водоразделах и восходящие в речных долинах) наибольшему инфильтрационному загрязнению подвергаются возвышенные участки. На низком фоне естественных концентраций урана, типичном для внутренних районов Западной Сибири, такие техногенные

аномалии проявляются очень контрастно. Площадь зоны радиационно-химического загрязнения вокруг СХК превышает 1500 км<sup>2</sup> и в своих общих чертах подчинена розе ветров. Внутреннее строение аномального гидрогеохимического поля хаотично и предопределяется (в первую очередь) морфоструктурно-геодинамическими условиями инфильтрационного водообмена.

Таблица

Типичные содержания урана в природных водах Западной Сибири

Разновидности природных вод		Содержание урана		
		г/л	нг/л	
Воды безрудных районов	Поверхностные	Озера	$(6-10) \cdot 10^{-8}$	60-100
		Реки	$(8-12) \cdot 10^{-8}$	80-120
	Подземные	N-Q-отложений	$(6-20) \cdot 10^{-8}$	60-200
		Pg-отложений	$(3-7) \cdot 10^{-8}$	30-70
		Глубоких горизонтов (MZ, PZ)	$(1-15) \cdot 10^{-8}$	10-150
Воды урановых месторождений	Поверхностные водотоки		$(2-4) \cdot 10^{-7}$	200-400
	Грунтовые горизонты		$(4-6) \cdot 10^{-7}$	400-600
	Буферные горизонты		$3 \cdot 10^{-7}-3 \cdot 10^{-6}$	300-3000
	Продуктивные горизонты		$5 \cdot 10^{-7}-5 \cdot 10^{-5}$	500-50000
Техногенные приповерхностные аномалии района Сибирского химического комбината			$1 \cdot 10^{-6}-2 \cdot 10^{-5}$	1000-30000
ПДК для питьевых вод (рекомендации Минздрава)			$1.7 \cdot 10^{-3}$	1700000

Сравнение естественных (фоновых и аномальных) концентраций урана в природных водах, в т.ч. непосредственно контактирующих с урановой рудой, с ПДК, рекомендованными Минздравом (см. табл.), наводит на мысль, что этот норматив весьма формален. Как и многие другие действующие критерии он совершенно не учитывает геохимических условий среды обитания человека ни в историческом, ни в современном аспекте. По содержанию урана питьевая вода, к которой человек адаптирован тысячелетиями, принципиально несопоставима с рекомендуемым допустимым пределом. Более того, существующий норматив допускает использование для питьевого водоснабжения даже рудничных ураноносных вод, с чем нельзя согласиться уже с позиций самого общего знания.



**РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ УРАНА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ  
ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**  
DISTRIBUTION OF URANIUM IN NATURAL WATERS OF SOUTH  
OF WEST SIBERIA

Копылова Ю.Г., Посева З.В., Дутова Е.М., Лисина А.В.,  
Сметанина И.В., Романова Т.И.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Геохимия урана в водах, несмотря на многоплановость решаемых проблем, остается не менее актуальной, чем в начальных стадиях исследований поведения радиоактивных элементов в окружающей среде. Неизменным остается интерес к вопросам, касающимся степени обогащения вод ураном за счет природных и техногенных факторов и влияния на здоровье человека фоновых территориальных концентраций урана в водах, хотя последние даже в пределах месторождений не достигают существующих предельно допустимых для питьевого водоснабжения концентраций. Вместе с тем, накопленный опыт исследований поведения химических элементов в водах позволяет проследить величину техногенной нагрузки на природные воды и тем самым прогнозировать негативные последствия при появлении не свойственных данной местности концентраций урана в водах.

Распределение урана в водах нами изучалось в процессе выполнения гидрогеохимических исследований в различных ландшафтных зонах Алтае-Саянской складчатой области, что позволяет проследить поведение урана в водах в региональном плане. Определение урана выполнено лазерно-люминесцентным методом в Центральной лаборатории "Березовгеологии" (1989 - 1993гг) и люминесцентным - в Центральных лабораториях ЗСГУ (1970г) и НТГУ (1978 - 1980 гг.). Параметры распределения урана в водах исследовались графически на основе вероятностного трафарета и логарифмически - нормального закона распределения и приведены в таблице.

Анализ таблицы показывает, что средние содержания урана по отдельным объектам исследований чаще всего не превышают 1 мкг/л и изменяются от 0.13 мкг/л в снеговой воде в районе Северного промышленного узла г.Томска до 2.29 мкг/л в водах поверхностных водотоков в пределах Сарасинской ртутно-рудной зоны. Наибольшие средние значения урана отмечены в степной зоне в бассейне р. Туим и обусловлены повышенными содержаниями урана в водах колодцев: 10 мкг/л при минерализации 784 мг/л (п. Туим) и 15 мкг/л при минерализации 1157 мг/л (п. Шира) и в озере Шира (до 24 мкг/л урана в водах с минерализацией около 20 г/л). В менее минерализованных озерах Шунет и Матарак содержания урана мало отличаются от его концентраций в водах поверхностных водотоков и пресных озер.

водах р. Туим содержания урана изменяются от 3.2 мкг/л в п. Туим до 5.4 мкг/л в п. ... при минерализации вод от 344 до 625 мг/л. Приведенные данные показывают ... урана к накоплению в водах с увеличением минерализации вод.

Таблица

Параметры распределения урана в водах юга Западной Сибири

Район и год исследований	Среднее (размах колебаний), г/л * 10 <sup>-6</sup>	Стандартный множитель	Верхняя граница фона, г/л * 10 <sup>-6</sup>	Число точек анализа
Северная часть Горного Алтая, Сараса, 1970	2,29 (0,0 - 6,5)	2,46	2,24	134
Кузнецкий Алатау, западный склон, 1970	0,52 (0,0 - 3,25)	2,39	1,26	144
Кузнецкий Алатау, восточный склон, 1994	0,38 (0,11 - 5,3)	2,6	1,0	41
Хакассия, бассейн р. Туим, 1994	6 (3,2 - 24)	1,66	10	10
Салаир, бассейн р.р. Ик, Суенга, 1978 - 1980	0,39 (0,05 - 19)	4,17	1,05	286
Салаир, бассейн р. Берди, 1989	0,91 (0,067 - 5,3)	2,46	2,24	146
Колывань - Томская зона, 1965	0,79 (0,025 - 100)	6,02	4,79	180
г. Томск, 1992	1 (0,05 - 48,9)	5,3	5,37	119
СПУ г. Томска, бассейн р. Б. Киргизка, 1992	0,52 (0,047 - 19,6)	3,2	1,7	213
СПУ г. Томска, бассейн р. Ушайка, 1993	0,76 (1,1 - 9,6)	2,29	1,73	260
СПУ г. Томска, снег, 1993	0,13 (0,063 - 0,3)	1,44	0,19	75

В низкогорном ландшафте восточного склона Кузнецкого Алатау средние содержания урана в водах наименьшие из всех исследуемых районов. Резкое повышение концентраций урана до 5.3 мкг/л в водах с минерализацией 797 мг/л наблюдается при подходе к степной зоне в колодце д. М. Ся. Увеличение содержания урана до 1.5 мкг/л при минерализации вод до 400 мг/л отмечено также в пределах Балахчинского рудного поля.

Распределение урана в Колывань-Томской зоне отличается высоким разбросом концентраций. Вышефоновые концентрации урана (5 мкг/л) обнаружены в поверхностных водотоках и источниках с минерализацией 570-1170 мг/л, а более высокие (10 мкг/л при минерализации 630-1200 мг/л) - в водах колодцев степной зоны. Здесь же в озере в гранитном карьере Чаус обнаружено самое высокое содержание урана среди исследованных районов (100 мкг/л). В лесной зоне повышенные концентрации урана в водах (50 мкг/л) отмечены в источнике долины реки Томи выше г.Томска, по р. Китат, а в концентрациях 5 мкг/л - в бассейне рек Латат, Аяба, Куйла.

Исследования распределения урана в водах г.Томска и его окрестностей в районе Северного промышленного узла, выполненные в 1992-1993гг, выявили

четкую тенденцию повышения концентраций урана в пределах городской территории. Хотя верхняя граница фона урана в водах здесь является наиболее высокой (5.37 мкг/л), концентрации урана в водах источников и скважин бытового водопользования превышают это значение. Наиболее контрастный очаг выше фоновых содержаний урана в подземных водах формируется в центральной части города (9.5-48 мкг/л) и прослеживается в жилом районе п. Черемошники в водах второй надпойменной террасы (5.8-17 мкг/л). В водах поверхностных водоемов поймы и первой надпойменной террасы содержания урана не превышают 1.2 мкг/л.

В бассейне р. Б. Киргизка параметры распределения урана в водах поверхностных водотоков менее контрастны, а вышефоновые значения обнаружены по р. Топкой (2.7 - 4.3 мкг/л), на отдельных участках р. Б. Киргизка и в озере бывшего песчаного карьера на междуречье рек Б. Киргизка и Черная (9.4 мкг/л). Контрастные гидрогеохимические аномалии урана формируются в бассейне рек:

Омутная и Еловка (19 мкг/л и 9.6 мкг/л), а также по р. Колбиха (1.5 - 3.8 мкг/л). Вероятнее всего они связаны с природными факторами обогащения в пределах зон оруденения.

В бассейне р. М. Ушайка в водах поверхностных водотоков и источников, гидравлически связанных с трещинными водами нижнекарбонатовых образований, участок повышенных содержаний урана достаточно четко проявляется по р. М. Ушайка и левому борту ее долины, формируя зону северо-западного направления на водоразделе рек М. Ушайка и Ушайка с концентрациями урана от 1.7 до 4.7 мкг/л. Поток рассеяния концентраций урана в водах с минерализацией 600 - 800 мг/л прослеживается по р. М. Ушайке на расстоянии около восьми километров. Учитывая, что здесь известны проявления радиево-радоновых минеральных вод в районе д. Заварзино, можно предположить обусловленность обнаруженного поля повышенных концентраций урана природными факторами формирования состава вод. Еще более высокие концентрации урана обнаружены в водах колодцев в д. Родионово (до 5.4 мкг/л при минерализации вод 650-1500 мг/л), причем в скважине эти значения составляют всего 1.5 мкг/л при минерализации 540 мг/л, а в источнике по левому борту правого притока р. М. Ушайка, впадающего в д. Родионово, повышаются до 9.6 мкг/л при минерализации 580 мг/л.

Анализ приведенных данных позволяет констатировать повышение концентраций урана в водах в условиях засушливого климата, особенно в поверхностных водоемах, прогнозировать участки обогащения вод ураном за счет естественных источников и выделить территории с негативным воздействием факторов загрязнения окружающей среды.

# УРАНОВАЯ АНОМАЛИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ИЗМЕНЕННЫХ БАЗАЛЬТАХ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА

ANOMALY OF U IN THE HIDROTHERMAL ALTERATION OF MAR

Жмодик С.М., Жмодик А.С., Акимцев В.А.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, 630090,  
Россия, Новосибирск, Университетский просп., 3

В процессе работ НИС "Антарес" (1990-91гг), из зоны сочленения трансформного разлома Зеленого Мыса со Срединно-Атлантическим хребтом (САХ) драгированием были отобраны образцы гидротермально измененных базальтов. Базальты взяты непосредственно с морского дна на участке с выходом гидротермальных флюидов, в борту рифтового хребта на некотором удалении от центральной рифтовой долины. Внешняя часть обломков базальтов (пиллоу лавы) изменена. Измененная корка мощностью 2-3 см имеет зональное строение. Выделяется два типа изменения базальтов: восстановительный и окислительный. Для первого характерно чередование зон осветления и потемнения оксидами, хлоритом и смектитом; для второго - распространение гидроокислов железа. В восстановительной обстановке изменению подвергается, прежде всего, основная масса базальта, с образованием хлорита и смектита различной железистости. С участками почернения связаны повышенные концентрации рассеянного углеродистого вещества. Пирит также образуется, прежде всего, в основной массе базальта, на стенках и на некотором удалении от стенок газовых трещин и каналов.

Из двух образцов гидротермально измененного базальта были выпилены зоны и проанализированы на значительное число элементов. Пересчеты в абсолютные концентрации изоволюметрическим методом [2], позволили выявить неравномерное распределение и привнос-вынос элементов в процессе изменения базальтов. Неизмененные базальты относятся к E-типу MORB, низкокалиевой толеитовой серии.

Характерной особенностью изученных гидротермально измененных базальтов являются высокие содержания урана (до 97 г/т), ранее не обнаруженные в продуктах изменения базит-гипербазитовых пород ни в океанических отложениях, ни в образованиях современных гидротермальных систем. В обобщающей работе приведены данные по распределению урана в породах и продуктах изменения океанической коры из различных полигонов Атлантического и Тихого океанов. Показано, что процессы изменения базальтов приводят к обогащению их ураном. Если в неизмененных базальтах концентрации урана варьируют от 36.7 ppb до 121.9

ppb, то в измененных участках валовые содержания достигают сотен и тысяч ppb (от 540 до 7800 ppb). В продуктах изменения описаны "точечные обогащенные участки" размерами от 5 до 35 мкм с концентрациями до 158-203 ppm. Однако коэффициент концентрации в системе базальт-измененный базальт редко приближается к 10-25. А. Хофманн и В. Уайт [4] приводят оценки максимального обогащения U океанической коры в 300% (относительно исходных концентраций), при этом рассматривается три возможных процесса, приводящие к изменению соотношений элементов в океанической коре: высокотемпературное гидротермальное изменение, низкотемпературное изменение и поступление осадочного материала.

На примере U могут быть обсуждены источники поступления и возможные формы переноса элементов с аномально высокими концентрациями в гидротермально измененных базальтах зоны сочленения Срединно Атлантического хребта и трансформа Зеленого Мыса. Валовые концентрации U в измененных базальтах достигают десятков г/т, а коэффициент концентрации приближается к 100 (10000%). При этом Th/U отношение изменяется до 0.6-0.01, при значениях 2-3 для неизмененных срединно-океанических базальтов. Данные (n,f)-авторадиографии свидетельствуют о накоплении U в зоне гидротермальной проработки базальта. Большой частью U распределен равномерно, а также концентрируется в виде высокоактивных ( $n \cdot 100$  г/т U) микровключений, в измененной основной массе базальта, микротрещинах, соединенных с поверхностью обломков базальтов. Микролиты и кристаллы плагиоклаза выделяются низкими содержаниями U. На стенках отдельных газовых полостей обнаруживаются высокие концентрации U достигающие сотен г/т. Качественный анализ состава вещества, отложившегося на стенках таких газовых полостей, свидетельствует о наличии Ti-содержащей фазы и минерала с повышенными концентрациями хлора. В одном случае установлен минерал, содержащий в своем составе Ti (преобладает) и Si, вероятно, в соединении с кислородом или другим легким элементом. Именно к таким участкам содержащим соединения Ti, приурочены высокие содержания U. Главное количество урана распределено равномерно в измененной основной массе базальта. Если принять во внимание данные [5], то подобные концентрации U в измененном базальте могли возникнуть за счет морской воды в течение 100 млн. лет. Наши расчеты показывают, что необходимо пропустить через единицу площади базальта в 2.2 большие объемы океанической воды, чем столб, располагающийся над ней на глубине 3000 м, чтобы достичь тех концентраций, которые существуют в корке измененного базальта, при условии, что это происходило в восстановительной среде и все количество U осадилось в зоне изменения базальта. При этом перенос U в карбонатной форме не мог осуществляться, так как в нашем случае наблюдается вынос CO<sub>2</sub> из измененного базальта практически полностью. В то же

Земля известно, что в морской воде U находится преимущественно в карбонатной форме -  $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$  [6]. Тот факт, что большая часть урана находится в рассеянном состоянии в измененной зоне базальта, а не в виде собственных минералов, позволяет рассматривать в качестве основного диффузионный механизм перераспределения U в процессе взаимодействия флюид-базальт. Основное время взаимодействия может быть рассчитано, исходя из соотношения  $T \sim X^2/D$ . Расчеты времени проникновения в нашем случае, при условии объемной диффузии, что мы и наблюдаем по данным автордиографии, дают величины от 1.7 часа при  $D=10^{-7}$  м<sup>2</sup>/час до 44.4 лет при  $D=10^{-12}$  м<sup>2</sup>/час. В таком случае можно рассчитать скорость поступления морской воды (при содержаниях 0.003 мг/л U в морской воде [6]) на площадь 1м<sup>2</sup>. Для данных крайних значений коэффициента диффузии ( $10^{-7}$ - $10^{-12}$ ) количество поступающей морской воды меняется от 3941 м<sup>3</sup>/час до 1.7 л/час, естественно, при условии, что весь U извлекался 1м<sup>2</sup> поверхности базальта. В свое время [5] было показано, что по мере удаления базальтов от Срединно-Атлантического хребта, соответственно с их удревнением, содержание U и  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FeO}$  возрастают. Полученная скорость изменения содержания U в базальтах составляет около  $1 \cdot 10^{-4}\%$  за 10 млн. лет, что соответствует  $\sim 2\%$  поглощенной морской воды.

Кроме равномерного распределения урана, обусловленного объемной диффузией элемента в базальт, обнаруживаются явления диффузии по свободным поверхностям, которыми являются микротрещины, в некоторых случаях соединенных с газовыми полостями. Вполне вероятно, что максимальные обнаруженные концентрации U на стенках газовых полостей и в микротрещинах связаны с поступлением U по свободным поверхностям. В то же время обнаружены такие области без микротрещинок, по которым направленно перемещался флюид от поверхности образца базальта к газовой полости. Естественно, что такой характер распределения U в образце подразумевает более высокие скорости его перемещения. Изучение вещества выполняющего стенки газовых полостей, в которых концентрируется U, свидетельствует о сложном полиминеральном составе этих образований. Веществом концентрирующим U, является Ti-содержащий титаносиликатный минерал, в котором Ti находится в преобладающих концентрациях.

Таким образом, характер пространственного распределения U и его соотношения с другими элементами свидетельствуют о том, что морская вода с существующими концентрациями не могла сформировать обнаруженные количества U в измененной зоне базальта. Если бы подобный процесс реализовался, то в первую очередь U должны обогащаться минералы с хорошо развитой удельной поверхностью, обладающие высокими сорбционными свойствами:

высокодисперсные минералы глин и гидроокислов, железо-марганцевые конкреции. Действительно, этот процесс происходит [7], но имеет свои специфические особенности: более низкие уровни концентраций U, определенные соотношения между элементами, признаки окислительной обстановки протекающих процессов высокие положительные значения  $\delta^{34}\text{S}$ , наличие в составе новообразований  $\text{CO}_2$  (до 1%) и другие. Особенно показательна величина Th/U, значение которого менее 1 определенно свидетельствует о гидротермальной природе океанических образований [8].

Представляется, что изменение базальта происходило при взаимодействии с гидротермальным флюидом, природа которого не совсем ясна. Это может быть морская вода, тем более известно, что при высоких температурах в присутствии пород меняются ее щелочно-кислотные характеристики и морская вода представляет собой кислый раствор, обладающий восстановительными свойствами. Тогда не ясен источник (породы), из которого экстрагировался уран. Расчеты показывают, что концентрации U во флюиде должны превышать его концентрации в морской воде на 2-3 порядка. Также не исключена возможность поступления глубинного флюида, обогащенного U. Подобный вывод, о мантийном источнике высоких концентраций U и Th в эксгаляционной медной минерализации, был сделан при изучении продуктов Большого Трещинного Толбачинского извержения [9]. Принципиально существование глубинных (мантийных) образований с высокими содержаниями радиоактивных элементов известно, например кимберлиты и карбонатиты.

Перенос U во флюиде осуществлялся в виде галогенидов, прежде всего хлоридов и фторидов, вероятнее всего в газообразной форме. Причем хлоридная форма переноса для U для природных обстановок оказывается более предпочтительной [9], хотя из химии U хорошо известен эффективный газовый транспорт U, как с хлором, так и с фтором [10]. На важную роль галогенов в переносе урана указывают: возрастание концентраций фтора в зоне изменения базальтов восстановительной стадии и повышенные содержания хлора на стенках газовых полостей с высокими содержаниями U. Осаждение происходило в результате процессов сорбции U гидратированными формами титана (лейкоксены), которые образовались при взаимодействии базальтов с гидротермальным флюидом. На особую роль гидратированных форм титана в извлечении и концентрировании U указывалось ранее [11,12]. При этом накопление U в гидроокислах Ti протекает по механизму сорбции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шарапов В.Н., Симонов В.А. (Отв. ред.) Геологические исследования в Центральной Атлантике. Новосибирск, ОГГИМ СО АН СССР, 1991.- 192 с.



2. Лисицына Н.А. Вынос химических элементов при выветривании основных пород. М., Наука, 1973.- 225с.
3. Selo M., Stozer D. // Bull. Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine, 1987, v.11, N 1, p.65-89.
4. Hofmann A.W., White W.M. // Earth and Planet. Sci. Lett., 1982, v.57, N2, p.421-426. 5. Aumento F. // Earth and Planet. Sci. Lett., 1971, v.11, N2, p.90-94.
6. Klinkhammer G.P., Palmer M.R. // Geochim. et Cosmochim. Acta, 1991, v.55, p.1799-1806.
7. Батурин Г.Н. Руды океана. М., Наука, 1993, 303с. 8. Rona P.A. // Econ. Geol., 1978, v.73, N 2, p.135-161.
9. Набоко С.И., Главатских С.Ф. // Вулканология и сейсмология, 1983, N 6, p.3-9.
10. Кац Д., Рабинович Е. Химия урана. М.: ИЛ, 1954, 490с.
11. Гавшин В.М. и др. // Радиоактивные элементы в горных породах. Новосибирск: Наука, 1975, С.: 57-63.
12. Кулик Н.А., Мельгунов С.В., Гавшин В.М. // Радиоактивные элементы в горных породах. - Новосибирск.: Наука, 1975 С.-229-231.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект No 94-05-16571).

## **ОТКРЫТИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА В СССР КАК ИСТОРИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН**

### **DISCOVERY OF URANIUM DEPOSITS IN USSR AS HISTORICAL FENOMENON**

Гавшин В.М.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

История открытия месторождений полезных ископаемых складывалась на протяжении тысячелетий в зависимости от спроса на тот или иной вид минерального сырья. В стихийном процессе освоения земной поверхности множество месторождений было открыто не имевшими профессиональной подготовки землепроходцами, поскольку обнаружение руд тяжелых металлов, драгоценных ископаемых или драгоценных камней не требовало специальных знаний. По мере возрастания потребностей в минеральном сырье, на протяжении 17-19 столетий, многие месторождения были вторично открыты при обследовании шахт и штолен, пробитых рабами древнего мира.

Нельзя сказать, чтобы ярко окрашенные минералы урана оставались незамеченными: например, американские индейцы пользовались ими для боевой



раскраски лиц. Однако уран, открытый в 1781 году, не находил спроса до тех пор пока А. Беккерелем не было обнаружено явление радиоактивности. Еще некоторое время уран не выходил за пределы научных лабораторий, но его блестящее будущее в качестве источника ядерной энергии, предсказанное В.И. Вернадским еще в 1910 году, стало реальностью только с открытием реакции деления атомного ядра. Наконец, после первого ядерного взрыва уран становится инструментом геополитики.

В отличие от Западной Европы и Америки, где довольно богатые месторождения урана были известны еще с 19 столетия, Советский Союз в 1945 году оказался не обеспеченным новым видом минерального сырья. Такие скромные объекты, как исследованный А.Е. Ферсманом Тюя-Муюн, или диктионитовые сланцы Прибалтики, не давали повода для оптимизма. Тем не менее, как рассказывал один из пионеров отечественной урановой геологии М.Н. Альтгаузен, в 1946 году на ночном заседании в Кремле перед Берией была поставлена первая четырехкилограммовая банка отечественного урана, выделенного из диктионитового сланца, и недоброй памяти нарком сказал: "Ну, на первый случай мы обеспечены". Именно 1946 год стал началом урановопоисковой эпопеи, в которой отразились как положительные, так и отрицательные черты тотальной централизации.

Прежде всего, было поставлено исследование на радиоактивность музейных коллекций и известных месторождений традиционного минерального сырья. Сразу же появились первые находки, но для оценки их значения у геологов не хватало опыта; кроме того, после репрессий 1949 года никто не мог взять на себя ответственность за отрицательную оценку даже ничтожной радиоактивной аномалии. Памятником того времени остались, в частности, многочисленные штольни, пробитые "Енисейстроем" МВД СССР в погоне за цепочками мелких урано-фосфорных линз, бесперспективность которых в настоящее время выясняется с первого взгляда.

Между тем, первые ориентиры были даны еще в 1944 году в изданной под грифом "для служебного пользования" брошюре Д.И. Щербакова "Геология месторождений радиоактивных элементов и поисковые критерии". Тогда мировые запасы урана оценивались в 12-15 тысяч тонн (ныне это - запасы одного среднего по масштабам месторождения), а его главнейшим промышленным источником считались гидротермальные рудные жилы.

В первые послевоенные годы создается и постепенно крепнет гигантская административная структура - Первый Главк, контролирующей специализированные поисково-разведочные экспедиции на всей территории страны. В высших учебных заведениях начинается подготовка кадров, специально ориентированных на поиски

основного сырья. При экспедициях организуются курсы для подготовки операторов-радиометристов; многие из них в дальнейшем обеспечивали радиометрические службы не только специализированных экспедиций, но и множества других геологических организаций, которым вменялось в неперемнную обязанность вести под контролем Первого Главка поиски радиоактивного сырья.

Опираясь на разработки нескольких научно-исследовательских институтов, Первый Главк оперативно распространял по экспедициям аппаратуру, методические указания и сведения о промышленных типах урановых месторождений. Уже в начале пятидесятых годов интенсивные наземные и аэрометрические поиски привели к открытию ряда крупных месторождений. Успехи в каком-либо районе рассматривались как основание для тиражирования опыта по всем экспедициям. В условиях жесткого администрирования такой подход имел и оборотную сторону: так, предусмотренную в проекте эманационную съемку, оправдавшую себя в степном Казахстане, оказалось невозможным остановить в Западной Сибири, хотя в ходе работ выяснилось, что коренные породы повсюду перекрыты непроницаемым экраном; автомобильные гамма-поиски, приспособленные для открытых степей, без достаточных оснований распространялись на горно-таежные районы с мощным чехлом покровных суглинков. Аэрогаммапоиски в труднейших для авиации горно-таежных районах, как оказалось, прекрасно оконтуривали гранитные массивы, но не обнаруживали месторождений. Впоследствии на опыте Казахстана выяснилось, что следовало проверять на земле не площадные аномалии, а резкие локальные пики гамма-излучения. Тогда пришлось пересматривать старую документацию и направлять наземные отряды по местам фиксации локальных пиков. Не остался в стороне и опыт работ в Китае с его неограниченными людскими ресурсами: на территориях, выделенных как перспективные, по параллельным профилям с равными расстояниями между ними запускались шеренги пеших операторов с радиометрами.

Режим строгой секретности в системе Первого Главка вначале распространялся на всю деятельность, связанную с поисками месторождений урана: нельзя было упоминать, что они где-то ведутся. Открытые публикации на запретную тему появились лишь в середине пятидесятых годов. Вышли в свет монографии В.И. Баранова "Радиометрия" и В.С. Домарева "Урановые месторождения капиталистических стран", были изданы руководства справочного характера по минералогии урана, а также материалы двух конференций Международного агентства по атомной энергии, в которых приняли участие советские геологи и геофизики, не имевшие однако права раскрывать сведения о конкретных месторождениях урана. И тогда, и в последующие годы вся поисково-разведочная деятельность опиралась исключительно на отечественные научные и

конструкторские разработки; вся техника - от микроскопов и радиометров до буровых установок производилась только на отечественных предприятиях.

По мере приобретения опыта, геологи стали искать месторождения более целенаправленно: в начале шестидесятых годов искали "учкудукский тип", затем - "тип Витватерсранда", "стрельцовский тип" и в семидесятые-восемидесятые годы - "месторождения несогласия". В то же время региональные руководители-менеджеры в большей степени полагались на ассигнования и объемы поискового бурения: "Мы принимаем в расчет все рекомендации научно-исследовательских институтов, но руду находим каждый раз в другом месте и совершенно случайно". Несомненно, такой подход имел свои резоны, как это ни обидно для геологической науки. В начале пятидесятых годов, когда бурение одной скважины санкционировалось по телефону из Москвы, казались невероятными сведения о сотнях тысяч погонных метров скважин, бурящихся за год в США. Однако поиски на поверхности становились все менее продуктивными и с начала шестидесятых одним из ведущих способов открытия новых месторождений становится поисковое бурение.

"Экспедиции" Первого Главка с самого начала представляли по существу специализированные геологические управления; подчиненные им "партии" со временем также превратились в крупные учреждения с развитой инфраструктурой: строились поселки со всеми необходимыми системами жизнеобеспечения, тысячи специалистов разного профиля обустроивали в этих поселках жизнь своих семей. Вследствие естественной неоднородности размещения месторождений урана по территории страны, среди экспедиций и партий выделились "передовики" и "аутсайдеры". В безрудных районах поисковые партии десятилетиями существовали в обстановке психологического дискомфорта, однако их ликвидация вызвала бы еще более тяжелые последствия: возникли бы проблемы брошенных поселков, консервации техники, трудоустройства множества специалистов и переселения семей. Вместе с тем, существование партий-неудачников в какой-то мере оправдывалось открытиями их соседей.

Огромный механизм, созданный сразу после Великой Отечественной войны для поисков ядерного сырья исправно функционировал почти столетия - время активной жизни целого поколения выпускников Томского, Иркутского, Воронежского университетов, Ленинградского и Свердловского горных институтов, Московского геологоразведочного института, Томского политехнического института. В динамичных условиях поиска выросли талантливые руководители, ученые, конструкторы, энтузиасты-первооткрыватели, имена которых названы недавно по случаю полувекового юбилея Первого Главка <sup>1)</sup>. Оглядываясь назад, можно думать, что полученных результатов со временем можно было бы достичь и более

шевыми способами. Однако в реальном ходе истории уранопоисковая эпопея является ярким примером возможностей, заложенных в административно-командной системе, обеспечившей быстрое решение поставленной под давлением политики, задачи благодаря концентрации воли и материальных ресурсов, а также энтузиазму исполнителей, который однако, как выяснилось со временем, неопределен. За это время на необъятных территориях Евразии открыты огромные запасы урановых руд. Львиная доля этих богатств теперь отрезана от России и будет разрабатываться с участием западных компаний. Но скажет ли кто-нибудь спасибо первооткрывателям?

1) Отечественная геология, 1995, № 9.

## **МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**THE MINERAL RAW STUFF BASIS OF ATOMIC ENERGETIC OF  
KAZAKHSTAN REPABLIK**

Язиков В.Г.

Национальная акционерная компания по атомной энергетике и промышленности Республики Казахстан, 480012, Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 168, тел.(3272) 625587.

Рассмотрение ураноносности домезойско-кайнозойских образований Казахстана свидетельствует о довольно высокой их рудонасыщенности. Многие десятки урановых месторождений, выявленных на территории Республики, различны как по условиям формирования, так и по своему практическому значению. Общность геологических позиций, генетических признаков и территориальная обособленность ряда урановых месторождений позволяет рассматривать их в составе единых урановорудных провинций, в которых сосредоточены известные промышленные месторождения урана. К ним относятся: Сарысуйская, Сырдарьинская, Илийская, Мангышлакская, Северо-казахстанская, Кендыктас - Чуили-Бетпақда-линская урановорудные провинции (рис.1). Роль каждой из них как в балансе общих запасов и ресурсов урана Республики, так и перспективах использования для промышленного освоения неоднозначна.

Наиболее широко проявлены эпигенетические месторождения региональных зон пластового окисления. Все месторождения этого типа представляют собой

крупные промышленные объекты с запасами урана от десятков до сотен тысяч тонн в каждом. Суммарные ресурсы и запасы урана, сосредоточенные в известных месторождениях региональных зон пластового окисления, оцениваются в 1218 тыс.т, что составляет 75,3% от суммарных запасов и ресурсов Казахстана.

Таким образом, совершенно четко видна доминирующая роль этого геолого-промышленного типа урановых месторождений в общей структуре ресурсов и запасов Казахстана.

Промышленные эпигенетические месторождения региональных зон пластового окисления сосредоточены в основном в пределах Чу-Сарысуйской и Сырдарьинской урановорудных провинций и лишь одно месторождение этого типа (Сулучекинское) находится в Илийской урановорудной провинции. Ведущая роль как по удельному весу ресурсов и запасов, так и по степени промышленной освоенности, принадлежит Чу-Сарысуйской урановорудной провинции. В ней сосредоточены 72,8% ресурсов и запасов рассматриваемого геолого-промышленного типа (978 тыс.т). Запасы и ресурсы урана месторождений Сырдарьинской урановорудной провинции составляют 200 тыс.т (14,9% от общей для этого геолого-промышленного типа). В Илийской урановорудной провинции известно одно лишь месторождение оцененное в 33 тыс.т (2,4%).

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОСТОВЕРНО РАЗВЕДАННЫХ ЗАПАСОВ УРАНА**  
(всего 3,76 миллиона метрических тонн)

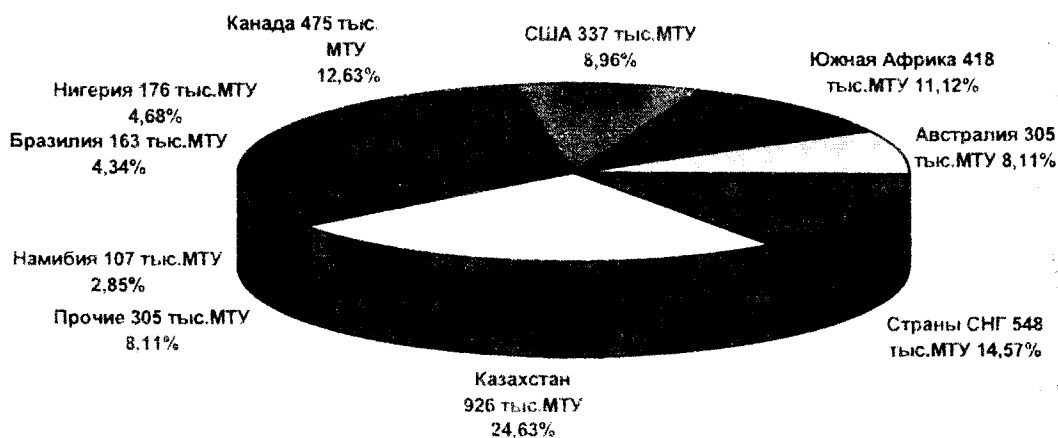


Рис. 1

Внедрение в практику отработки месторождений урана способа подземного выщелачивания определяет исключительно высокую экономическую эффективность эксплуатации эпигенетических месторождений региональных зон пластового окисления.

Эпигенетические месторождения грунтово-пластового окисления в угленосных образованиях мезозоя Илийской урановой провинции представлены двумя крупными объектами – Кольджатским и Нижне-Илийским ураново-угольными месторождениями.

Суммарные ресурсы и запасы урана месторождений этого генетического типа составляют 96.7 тыс.т или 6,0% от общих ресурсов и запасов Казахстана. Известные ураново-угольные месторождения в настоящее время не эксплуатируются. Запасы угля и урана, сосредоточенные в эпигенетических месторождениях зон грунтово-пластового окисления в угленосных образованиях мезозоя, составляют крупный топливно-энергетический резерв Казахстана. Эндемические месторождения органогенно-фосфатного типа известны лишь в одном регионе Казахстана. Они локализируются на полуострове Мангышлак в пределах мангышлакской урановорудной провинции.

Запасы урана (на 01.01.95г.), сосредоточенные в месторождениях данного геолого-промышленного типа составляют 29.2 тыс.т или 1,8% в общем балансе запасов Казахстана.

Выявление урановых месторождений органогенно-фосфатного типа в 50-х годах сыграло крупную роль в создании на Западе Республики добывающей и перерабатывающей урановой промышленности и существенно изменило экономику и социальную базу региона.

Перспективы этого своеобразного типа месторождений ограничиваются возможностями экономически оправданной добычи, что связано с глубиной залегания продуктивного горизонта. Поэтому оценка ресурсов урана не выходит за пределы запасов уже известных и в значительной мере отработанных месторождений урана.

Среди урановых месторождений эндогенной группы ведущая роль принадлежит жильно-штокверковым месторождениям в складчатых комплексах протерозоя и палеозоя.

Ресурсы месторождений этого типа в балансе общих по стране составляют 15.5% (206.4 тыс.т). По удельному весу в структуре сырьевой базы Казахстана и по степени промышленной освоенности они занимают второе место после эпигенетических месторождений региональных зон пластового окисления.

Жильно-штокверковые месторождения в складчатых комплексах протерозоя и палеозоя занимают существенное место в урановорудной базе Республики и

имеют определяющее значение для добывающей и перерабатывающей урановой промышленности Северного Казахстана.

Жильно-штокерковые месторождения в континентальных вулканических комплексах располагаются в пределах Кендыктас-Чуили-Бетпақдалинской (Прибалхашской) урановорудной провинции.

Ресурсы и запасы урана (на 01.01.95г.), сосредоточенные в месторождениях этого типа оцениваются в 6.6 тыс.т, что составляет 0,4% от общих по Республике.

Известные месторождения рассматриваемого геолого-промышленного подтипа в значительной степени отработаны. Эксплуатация их прекращена.

Другие, кроме рассмотренных, генетические типы урановых месторождений не играют существенной роли и не представлены на территории Казахстана промышленными объектами.

Общие запасы и ресурсы урана в Казахстане оцениваются в 1617 тыс.т, в том числе запасы категорий В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> составляют 926.0 тыс.т, достоверные ресурсы – 891.0 тыс.т.

Геологические перспективы выявления на территории Казахстана новых месторождений урана являются достаточно высокими, особенно для Чу-Сарысуйской и Северо-Казахстанской урановорудной провинций, что может дополнительно расширить урановую сырьевую базу Республики Казахстан, в т.ч. за счет выявления месторождений "типа несогласия". Возможность обнаружения подобных месторождений вполне обосновано наличием, по крайней мере, двух зон структурно-стратиграфического несогласия (предверхне-протерозойско-вендская предсредне-верхнедевонская) с прямыми поисковыми признаками и критериями оруденения.

Наиболее перспективным и экономически целесообразным направлением развития урановой промышленности Республики (при современном состоянии мирового уранового рынка) однозначно является развитие работ на эпигенетических месторождениях региональных зон пластового окисления.

Таким образом, надежная сырьевая база урана, возможность применения экономически эффективных технологий отработки, перспективы выявления новых урановорудных объектов, выдвигают Республику Казахстан в одно из передовых государств способных надежно войти в мировой урановый рынок.



# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИХ СВЯЗИ С ДИССИПАТИВНЫМИ СТРУКТУРАМИ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ

GEOMETRIC REGULARITIES OF URANIUM OF ORE DISTRIBUTION AS A REFLECTION OF THEIR CONNECTION WITH DISSIPATIVE STRUCTURE OF DEEP OUTGASTING

Дьяченко Г.И.

ГГП "Березовгеология", 630091, Россия, Новосибирск, Каменская, 74,  
тел. (3832) 24-75-95, 24-34-01

Под геометрическими понимаются закономерности, отражающие положение месторождений относительно друг друга, других геологических объектов и произвольно выбранных точек (кратность угловых и линейных расстояний между ними, их группировка по количеству и взаимному расположению).

В одном из регионов России выявлено 13 месторождений флюорит-молибденит-настурановой и мышьяк-настурановой формаций, локализованных в вулканогенно-тектонических структурах и впадинах позднего мезозоя. Положение 11 из них, в том числе уникальных по запасам, может быть геометризовано окружностью радиусом 205 км. Вне окружности расположено 22 мелких месторождений того же возраста, а так же месторождения позднепалеозойской и кайнозойской осановорудных эпох.

На территории Северного Казахстана полуокружностью радиусом 205 км обобщается положение 15 из 28 месторождений молибденит-настуранового, коффинит-настуранового и апатит-аршиновит-настуранового типов. Из 13 месторождений, необобщенных окружностью этого радиуса, 9, а так же 7 ей геометризованных, объединяются тремя окружностями радиусом 36 км. Расстояние между центрами двух малых окружностей равно 93 км.

Возраст главной стадии рудообразования на всех месторождениях, положение которых было обобщено 4 окружностями, 350-360 млн. лет. Вне окружности расположено 8 месторождений и свыше 30 рудопроявлений. Абсолютный возраст главной стадии рудообразования на 4 месторождениях - 380-390 млн. лет, геологический возраст еще двух - мезозойско-кайнозойский.

В пределах Чешского срединного массива к двум окружностям, положение которых намечено по дуговым разломам, тяготеют поздневарисские месторождения урана - Яхимов, Абертамы, Иоганн-Георгиенштадт и Пршибрам. Радиус окружностей, обобщающих месторождения, равен 35 км, расстояние между их центрами - 89 км.



Древнекиммерийские месторождения урана расположены южнее и окружностями не обобщаются. Уникальные по запасам и качеству руд урановых руд месторождения пластового несогласия Ки-Лейк и Сигар-Лейк (бассейн Атабаска, Канада) удалены на 141 км от центра окружности, обобщающей положение 8 месторождений. Кроме того, положение наиболее крупных месторождений - Доон-Лейк, Сигар-Лейк, Игл-Пойнт - описывается окружностью радиусом 35 км. Вне окружности расположены Морис-Бей и Фон-де-Люк, запасы которых на один-два порядка меньше, чем на месторождениях, положение которых геометризировано. Возраст месторождений несогласия Канады - протерозойский.

Таким образом, в 4 урановорудных провинциях России, Казахстана и Чехии, Канады положение практически всех крупных урановых месторождений, время формирования которых изменяется от протерозойского до позднемезозойского, может быть геометризировано окружностями радиусом 36, 141 и 205 км. В двух случаях расстояния между центрами соседних окружностей практически равны 93 в Казахстане и 89 км в Чехии. Азимут прямой, соединяющей центры окружностей в обоих случаях около 320 градусов.

Совмещение с сохранением ориентировки центров 6 окружностей радиусом 35-36 км показывает, что урановые месторождения тяготеют к северо-западным и юго-восточным их сегментам.

В геологическом отношении общим для всех окружностей, описывающих положение урановых месторождений, является наличие в их центре асимметричных депрессий, выполненных слоистыми формациями, частично более молодыми, чем основные руды соответствующей провинции. Положение некоторых окружностей подчеркивается дугowymi разломами соответствующего радиуса и гранитоидными интрузиями.

Во всех рассмотренных случаях рудопроявления и проявления урановой минерализации, в отличие от месторождений и, прежде всего крупных, образуют ареалы, ориентированные в соответствии простиранием основных региональных структур, и не тяготеют к окружностям.

Геометрические системы, аналогичные описывающим положение урановых месторождений, геометризуют положение вулканических кальдер и тектонических озер Восточно-Африканского рифта и угленосных формаций Алтае-Саянской складчатой области. Морфологически близкие системы получены в физических и машинных экспериментах.

Регулярность в размещении месторождений, возможность их описания неспециализированными геометрическими системами позволяет предполагать и, в какой-то мере, обосновывает роль стационарных диссипативных структур в их формировании.

Из предположения о самоорганизации движения рудных растворов следует, что рудообразование - процесс единый для всей структуры и устойчивый к локальным возмущениям. При этом, устойчивые конвективные ячейки возникают только при определенном уровне энергопоступления и переходят в хаос при его повышении. Таким образом, лишь при определенном уровне энергопоступления функционируют конвективные ячейки, формирующие месторождения. При достаточно высоком и повышенном энергопоступлении неупорядоченное в пространстве и неустойчивое и во времени движение растворов приводит к усмирению рассеянной минерализации.

## **ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ И СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

### **GEOLOGICAL STRUCTURAL PECULIARITIES OF THE URANIUM DEPOSITS LOCATION IN SOUTHERN PART OF WESTERN AND MIDDLE SIBERIA**

Анцырев А.А., Комарницкий Г.М.

ГПП "Березовгеология", 630091, Россия, Новосибирск, Каменская, 74,  
тел. (3832) 24-75-95, 24-34-01

1. Южная часть Западной и Средней Сибири охватывает складчатые сооружения Енисейско-Саянской, Алтае-Саянской и Обь-Зайсанской складчатых систем, примыкающих с юга к Сибирскому кратону и совместно с ним перекрытыми либо литофицированными отложениями эпипалеозойской Западно-Сибирской плиты.

История развития складчатых систем рассматривается как последовательное проявление ряда деструкционно-аккреционных циклов, каждый из которых формирует специфические структурно-формационные комплексы (СФК) и обладает определенными металлогеническими особенностями. Выделяются:

- протерозойский цикл, в течение которого образованы области раннепротерозойской (байкальской) консолидации в восточной, непосредственно примыкающей к Сибирскому кратону части района (Енисейско-Саянская система);
- венд - раннепалеозойский цикл, определивший формирование областей средне-каледонской консолидации центральной части района (Алтае-Саянская система);
- средне-позднепалеозойский-раннемезозойский (?) цикл, завершивший консолидацию складчатых структур западной части рассматриваемого региона (Обь-Зайсанская система) с образованием единого континентального свода, охватывающего и складчатые, и платформенные структуры.

Каждый цикл проявляется не только на территории системы претерпевающей консолидацию, но охватывает смежные районы, формируя сложные СФК и обуславливая своеобразие структурных, геохимических и металлогенических особенностей отдельных систем и блоков. Преимущественное развитие имеют коровые СФК, мантийные комплексы более локальны, маркируя либо троговые части эвгеосинклинальных зон, либо зоны континентального рифтогенеза.

2. Сложное развитие разновозрастных складчатых систем и платформенных комплексов, различное соотношение и разная степень проявления деструкционных и аккреционных процессов на разных стадиях развития региона обусловили формирование разнотипных радиогеохимических условий. Для восточной части охватывающей краевые части Сибирского кратона, Енисейско-Саянскую систему и восточные области Алтае-Саянской системы (Хакасский блок по А.П. Щеглову) характерны повышенные концентрации тория при нормальных содержаниях урана и повышенном торий-урановом отношении. Эта особенность, в частности проявляется в формировании комплексного уран-торий-редкометального оруденения в связи с субщелочным магматизмом постконсолидационного СФК и зонами щелочного метасоматоза (Кийское, Арысканское, Улугтанзекское Карасукское, Улугзасское и другие месторождения и рудопроявления).

Для большей части Алтае-Саянской и Обь-Зайсанской систем обычны близкларковые концентрации урана и тория и относительно низкие торий-урановые отношения. На этом фоне выделяются локальные участки повышенной радиогеохимической дифференциации, обычно тяготеющие к областям древнего фундамента, зонам ранней консолидации (Коргонская, Калгутинская и т.п.). Существенное нарушение распределения урана и тория и, соответственно, увеличение степени радиогеохимической дифференциации установлено вдоль трансрегиональных поясов и зон разрывных структур глубинного заложения характеризующихся неоднократной активизацией и проявлениями магматизма.

3. Проявление в истории развития южной части Западной и Средней Сибири разнотипных тектонических и тектоно-магматических процессов привело к созданию сложной гетерогенной структуры с высоким уровнем дифференциации вещества этого сегмента Земной коры и, как следствие, формированием разнообразных сложно перемежающихся по латерали и в разрезе СФК и широкого спектра месторождений разнообразного профиля. Урановое и сопряженное с ним редкометально - редкоземельное оруденение тесно связаны с постконсолидационными эпохами развития складчатых систем.

Главная роль в их размещении принадлежит разрывным структурам глубинного заложения и многократной активизации, имеющими как

контролирующую (формирование рифтогенных структур, вулканогенных поясов и т.п. геолого-структурных образований), так и вмещающую (зоны гидротермально-метасоматического преобразования пород типа березитизации, флюоритизации, аргиллизации и т.п., трещинно-штокверковых зон и т.д.) роль. Нередко этими структурами контролируется магматизм щелочной или щелочно-базальтоидной специализации с повышенной ролью калия.

По геолого-структурным, минералого-геохимическим особенностям, возрастной позиции выделены 4 урановорудные и 2 уран-(торий)-редкометалльно-редкоземельные формации (табл.1). Особую группу составляет экзогенное редкометалльно-редкоземельное оруденение в россыпях (Западно-Сибирская плита) и в оврагах выветривания (Енисейско-Саянская система), возрастная позиция которых различна, общим является закономерная приуроченность к определенным фациальным комплексам или разностям пород.

По общегеологическим и, в меньшей степени, радиологическим данным установлено, что подавляющее большинство рудных объектов закономерно относится к определенным достаточно локальным временным интервалам. Наиболее отчетливы из них позднепротерозойская-раннефанерозойская эпоха деструкции дофанерозойского континента и активизации соответствующих структур, позднепалеозойская - раннепалеозойская эпоха орогенеза и активизации единого Алтае-Саяно-Байкальского континентального свода и позднемезозойская-кайнозойская неотектоническая. Выделен ряд интервалов, в которых формируются специализированные ураноносные и уран-(торий)-редкометалльные формации: поздний архей-ранний протерозой, средний палеозой и др.

Промышленная значимость выделенных формаций неадекватна. Ведущее значение имеет полигенная (?) урановая формация в пестроцветных молассоидных комплексах рифтогенных наложенных впадин (Приморское, Усть-Уюкское, Кедровое и др.), урановая в зонах кислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза (Габышское, Солонечное, Скалистое и др.). Высоко оцениваются перспективы редкоземельно-редкометалльного оруденения в апогранитах и альбититах, представители которого известны как в пределах складчатых систем (Арыскан, Улуг-Танзек, Татарское и др.), так и в структурах Сибирской платформы (Меймечастуйский район и т.п.). Карбонатитовое оруденение "Карасугского" типа, обладая значительными до уникальных ресурсами, характеризуется бедными (до весьма бедных) рудами, в связи с чем промышленные перспективы его сомнительны. Высоко оцениваются перспективы уранового оруденения в проницаемых терригенных комплексах чехла молодой платформы, где в палеодолинах выявлены значительные скопления рядовых и бедных руд (Малиновское, Пригородное месторождения и т.д.).

**Основные ураново-рудные и редкометалльно-редкоземельные  
уран-ториеносные формации**

Тип континентальной геоструктуры	Рудовмещающие структурно-формационные комплексы	Генетические группы рудных формаций	Тип рудоформирующего процесса	Рудная формация	Минеральный тип
Чехол молодой платформы (Эпи Р)	СФК многоярусных синеклиз и склоно-складчатых областей	Экзогенная	Гидрогенный, инфильтрационный	Урановая в проницаемых терригенных ородах. Субформации - в первоцветных терригенных породах с оруденением, контролируемым зональностью окисления - в отложениях палеодолин, обогащенных глеефицированным детритом	Настуран-черниевый  Настуран-(коффинит)-черниевый
				Ильменит-циркон-редкоземельная оссыпная (иногда торий- и ураноносная) в прибрежнобассейновых и роллювиально-дельтовых образованиях	Циркон-ильменит-рутиловый (с монацитом и лейкоксеном)
Позднепротерозойские и фанерозойские геосинклинально-складчатые системы, претерпевшие неоднократную тектоно-магматическую и тектоническую активизацию	СФК геосинклинально-складчатых, орогенных и активизированных областей	Эндогенная, реже экзогенная	Гидротермальный, гидротермально-метасоматический, в отдельных случаях возможно полигенный (гидротермально-осадочный)	Урановая в зонах кислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза, контролируемых разрывными структурами Субформации - в зонах кислотного выщелачивания в областях эпигеосинклинального (дейтеророгенного) рифтогенного вулканизма - в зонах активизированных разломов краевых частей устойчивых поднятий	Настуран-сульфидный, настуран-молибденитовый (иордзитовый) настурановый  Мышьяк-иордзит-настурановый, настуран-антимонидный (пятиэлементный) настуран-сульфидный
				Уран-ториеносная редкометалльно-редкоземельная - апогранитовая, альбититовая в связи с трещинными субщелочными и щелочными гранитовыми и сиенитовыми интрузиями стадий тектоно-магматической активизации	Колумбит-танталит-тантал-пироклор-цирконовый, альбит-циртолитом, поликратитом, скандий-бериллит-редкоземельный и др.
				- карбонатитовая в связи с метасоматизированными разрывными нарушениями	Барит-флюорит-сидерит-редкоземельная ураноносная
				Урановая, (сульфидно-урановая) в терригенных пестроцветных толщах молассоидных комплексов	Настурановый, настуран-коффинитовый, настуран-черниевый, настуран-(коффинит)-сульфидный (с Мо) браннеритовый
Дофанерозойские платформы, основания платформенных и субплатформенных структур, щиты	СФК щитов и кристаллических массивов в сочетании с платформенными комплексами			Урановая в зонах региональных структурно-стратиграфических несогласий, осложненных процессами последующей тектоно-магматической активизации	Настуран-сульфидный, настуран-(браннерит)-сульфидный, коффинитовый  -настурановый (иногда с Au)
	СФК платформенного чехла	Эндогенная	Гидротермальная, гидротермально-метасоматическая до магматической	Уран-ториеносная карбонатитовая в поле развития трапповой формации (щелочно-ультраосновного магматизма)	Магнетит-перовскит-апатитовая с пироклором

Неясными остаются перспективы уранового оруденения в зонах региональных структурно-стратиграфических несогласий, признаки которого установлены в ряде структур Енисейско-Саянской системы (Уволжский грабен, Туманшет и др.), а также вполне вероятного для более молодых систем Преджигетское несогласие центральной части Алтае-Саянской системы и др.).

4. Подавляющее большинство урановорудных и уран - (торий) - редкометально - редкоземельных объектов располагается в восточной части рассматриваемого региона, в пределах Енисейско-Саянской системы и восточной части Алтае-Саянской (районы Хакасского и Тувино-Монгольского массивов по А.П. Щеглову и др. 1978, 1981), характеризующихся древней позднеархейской-раннепротерозойской континентальной корой, претерпевшей неоднократную тектоно-магматическую активизацию с процессами рифтогенеза, щелочного и щелочно-ультраосновного магматизма, структуры которых являются основными рудоконтролирующими элементами.

Районы Алтае-Саянской и Обь-Зайсанской складчатой систем, сформированные в основном на коре "переходного" типа или новообразованной механической коре, характеризуются меньшим количеством урановорудных объектов, которые тяготеют к рифтогенным наложенным или унаследованно наложенным приразломным впадинам (типа Талановского, Казаныхского грабенов, Лебедского прогиба и т.п.), сформированным на участках ранней консолидации или древних выступях. Менее распространено редкоземельно-редкометальное оруденение, имеющее несколько отличную от восточных районов специализацию (Mo-W-Be с флюоритом и редкими землями цериевой группы против Ta-Nb-Zr с Y).

## **РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЗОНАЛЬНОСТЬ МАЛИНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА**

### **RADIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ZONING OF MALINOVSKOY URANIUM DEPOSIT**

Поцелуев А.А., Арбузов С.И., Задорин Л.И., Баженов М.И., Мельников Н.В.

Политехнический университет, 634034, Россия, Томск, пр. Ленина 30, тел.418910,

ГПП "Березовгеология", Россия, Новосибирск, Каменская 74, тел. 247459.

Малиновское месторождение урана расположено в Кемеровской области в 30 км к юго-западу от г. Мариинска. Месторождение находится в одноименной палеодолине позднеюрского возраста на юго-западе Чулымо-Енисейской впадины. Палеодолина имеет аккумулятивно-эрозионный характер, развиваясь вдоль одного



из тектонических швов Кузнецко-Алатаусского разлома. Глубина вреза тальвега палеодолины колеблется от 300 м в истоках до 70 м в приустьевой части. Уклон тальвега составляет в среднем 11 м на 1 км долины. Ширина долины - 1-3 км.

Общая мощность мезозойско-кайнозойских отложений, выполняющих и перекрывающих палеодолину, составляет в среднем 300 м. Баженовский горизонт вмещающий урановое оруденение, представлен полифациальным комплексом первично сероцветных угленосных отложений, непосредственно налегающих на глинистую кору выветривания палеозойских пород фундамента. Горизонт состоит из переслаивания разномерных полимиктовых и олигомиктовых песков, гравийно-галечниковых отложений русловых фаций с песчано-глинистыми отложениями припойменных и пойменных фаций. Горизонт насыщен углефицированными растительными остатками вплоть до маломощных (до 0,5 м) прослоев бурых углей.

Малиновское месторождение относится к типу пластово-инфильтрационных объектов в палеодолинах. Рудоносная зона установлена вдоль восточного борта палеодолины на протяжении более 20 км. Внутреннее строение зоны сложное. Рудные тела имеют уплощенную пластообразную, нередко роллообразную форму и при ширине 100-300 м вытянуты до первых километров. Основные минералы урана - урановые черни, настуран, коффинит.

Геохимические особенности месторождения изучались по данным анализа керновых проб. Все пробы анализировались эмиссионным спектральным анализом (ЭСПА) на 32-48 элементов, рентгеноспектральным анализом (РСА) на U, Th, Mo, Se, V. По части проб (10-15%) выполнены: - количественное спектрографическое определение Sc, Re; - атомно-абсорбционный анализ на Au; - инструментальное нейтронно-активационное определение (ИНАА) 27 элементов (раздельное определение редких земель (РЗЭ), Sc, Ag, Au, Co, As, Hf, Cr и др. элементов); - фотометрический анализ на W.

Радиогеохимические особенности месторождения определяются, главным образом, U и продуктами его распада. Фоновое содержание U в рудовмещающих толщах составляет 3 г/т, что является нормальным для осадочных пород этого состава. Содержание U в пределах рудоносной зоны обычно составляет  $n \cdot 0,01\%$ , достигая в отдельных пересечениях 1,6 %. Содержание Th по рядовым пробам изменяется от  $< 3$  до 16 г/т, что соответствует обычному содержанию Th в осадочных породах. Оценка концентраций Th по классам содержания U (табл. 1) показывает незначительные вариации средних значений от 3,0 до 3,7 г/т.

Совместно с U в пределах рудоносной зоны отмечается увеличение содержания Se, Mo, V, Sc, As, Co, Cr, Cu, Y, РЗЭ, W, Ge, Au, Ag, Re. Концентрации некоторых элементов (Se, Mo, Y,  $\sum$  РЗЭ, V, As, Cr, Co) прямо коррелируют с содержаниями урана (табл.1,2). Особенно тесная связь с ураном отмечается у Se

Y, V, As. При этом ореолы и зоны наиболее высоких концентраций этих элементов несколько смещены в разрезах и в плане относительно друг друга и основных рудных тел, что в целом создает общую картину геохимической зональности.

Таблица 1

**Изменение концентрации химических элементов по классам содержаний урана (г/т)**

Классы содержания U	РСА				ЭСПА				ИНАА				Кол-во проб
	U	Se	Th	Mo	Y	V	W	Cu	Sc	As	Cr	Co	
≤ 10	U	<u>&lt;3</u> <3-130	<u>3,5</u> <3-13	<u>&lt;2</u> <2-18	<u>&lt;5</u> <5-56	<u>120</u> <6-60	<u>27</u> <30-2000	<u>75</u> 6-200	<u>16</u> 4,6-31	<u>14</u> <1-43	<u>160</u> 44-36	<u>19</u> 7,4-35	1608
11-100	<u>34</u> 11-98	<u>27</u> <3-1650	<u>3,3</u> <3-13	<u>7,2</u> <2-59	<u>18</u> <5-83	<u>157</u> 20-2000	<u>66</u> <30-6000	<u>84</u> 20-1000	<u>13</u> 5,4-24,3	<u>19</u> <1-12	<u>200</u> 39-57	<u>16</u> 9,1-28	505
101-1000	<u>240</u> 101-900	<u>45</u> <3-75	<u>3,0</u> <3-16	<u>24</u> <2-35	<u>31</u> <5-160	<u>183</u> 30-1500	<u>39</u> <30-1000	<u>86</u> 20-80	<u>10</u> 6,4-16,8	<u>53</u> <1-18	<u>170</u> 55-39	<u>20</u> 11-41	89
> 1000	<u>4900</u> 1140-16700	<u>327</u> <3-3630	<u>3,7</u> <3-10	<u>58</u> <2-48	<u>33</u> <5-145	<u>1270</u> 100-6000	<30	<u>57</u> 30-15	<u>12</u> 6,7-28	<u>110</u> <1-50	<u>280</u> 10-53	<u>38</u> 18-64	25
Геог. анализ	3	3	3	2	5	6	30	6	0,2	1	20	0,7	
Среднее в осадочных породах по разрезам	1,5-3,7	0,05-0,6	1,7-12	0,2-2	26-90	20-13	1,6-2	5-57	1-19	1,3-13	35-10	1-20	

Замечание: - в числителе среднее, в знаменателе пределы содержаний;

- среднее содержание элементов в осадочных породах приведено по данным А.П. Виноградова (1962), К.Таркяна и К. Ведеполя (1961).

В связи с недостатком аналитического материала общая картина распределения Ge, Re, Au и Ag в пределах рудоносной зоны не установлена. В отдельных разведочных пересечениях выявлены участки с содержаниями Ge до 400 г/т, Re до 1,6 г/т, Au до 0,14 г/т и Ag до 0,20 г/т.

Содержание Sc в рудоносных зонах невелико и соответствует в целом среднему содержанию элемента в осадочных породах (табл.1). В распределении элемента отмечается обратная зависимость по отношению к урану. Наиболее высокие концентрации Sc (среднее 16 г/т) отмечаются в классе проб с содержанием урана < 10 г/т. Детальное изучение этого класса проб показывает, что максимально высоким средним содержанием Sc (19,5 г/т) выделяется группа проб с концентрацией U от 5 до 10 г/т, в то время как в пробах с субкларковым содержанием U (< 5 г/т) среднее содержание Sc составляет 5,6 г/т.

Вольфрам не является типичным элементом этого типа месторождений. В пределах ураноносной зоны W образует выдержанные по мощности и в плане тела с содержанием до 100 г/т. Явно выраженной зависимости между содержаниями W



и U нет (табл.1). Зоны с максимальными концентрациями W смещены к западному флангу урановорудной зоны. Высокие содержания W обусловлены россыпными концентрациями шеелита и поэтому контролируются в первую очередь литолого-фациальными особенностями осадочной толщи. Но эти же факторы влияли и на развитие пластово-инфильтрационных процессов в период рудообразования. Поэтому W должен рассматриваться в общей геохимической картине Малиновской палеодолины в целом и ураноносной зоны в частности, но при этом необходимо учитывать россыпной характер его концентраций.

Распределение редкоземельных элементов по классам содержаний урана показано в табл.2. По отношению к пробам с субфоновыми и ореольными содержаниями U в пробах с содержанием U > 100 г/т сумма РЗЭ возрастает примерно в 2 раза и составляет 148 г/т (без Sm). Происходит это в первую очередь за счет увеличения содержания легких лантаноидов - La и Ce. С увеличением содержания урана возрастает и содержание Sm, но в классе U>100 г/т определение элемента затруднено в связи с высокими содержаниями U. Таким образом сумма РЗЭ в этом классе должна быть значительно выше. Концентрация тяжелых РЗЭ (Eu, Tb, Yb, Lu) меняется несущественно. Соответственно La/Yb увеличивается с увеличением содержаний U от 7,6 до 11,9 ед.

Таблица 2

**Концентрации РЗЭ в пробах по классам содержания урана по данным инструментального нейтронно-активационного анализа**

	Классы содержаний урана, г/т			
	< 5	5-10	11-100	> 100
Кол-во проб	19	18	93	53
La	<u>30</u> 14-55	<u>29</u> 11-59	<u>32</u> 16-89	<u>36</u> 10-131
Ce	<u>37</u> 23-57	<u>35</u> 0,1-58	<u>25</u> 0,1-59	<u>106</u> 37-410
Sm	<u>8,9</u> 3,1-15	<u>11</u> 4,7-22	<u>13</u> 0,01-150	Н.О.
Eu	<u>1,5</u> 0,8-2,6	<u>1,8</u> 1,3-2,5	<u>1,5</u> 0,8-2,9	<u>1,9</u> 0,01-4,5
Tb	<u>0,76</u> 0,2-2,0	<u>1,1</u> 0,1-3,9	<u>0,95</u> 0,05-2,5	<u>0,54</u> 0,05-1,8
Yb	<u>4,0</u> 1,3-8,2	<u>4,4</u> 2,4-6,6	<u>3,8</u> 0,1-17	<u>3,0</u> 0,1-14,6
Lu	<u>1,1</u> 0,4-2,0	<u>1,0</u> 0,4-1,8	<u>0,9</u> 0,01-5,4	<u>1,1</u> 0,01-3,8
∑ РЗЭ	83	87	77	148
Lu/Yb	7,6	6,7	8,4	11,9

Примечание: - в числителе среднее, в знаменателе пределы содержаний,  
- Н.О. - содержание не определено

В пределах рудоносной зоны с увеличением содержаний U более чем в 6 раз возрастает концентрация Y, от < 5 до 33 г/т (табл.1). Учитывая близость геохимических свойств Y и РЗЭ и сходный характер изменения их концентраций (∑

ЗЭ), необходимо рассматривать эти элементы как единую группу в геохимической зональности рудоносной зоны.

Таким образом, в составе ураноносной зоны Малиновского месторождения отмечаются повышенные содержания широкого спектра химических элементов: Se, V, Sc, As, Co, Cr, Cu, W, Ge, Au, Ag, Re, Y, PЗЭ. Тесная связь с U отмечается у Mo, Y,  $\Sigma$  PЗЭ, V, As. Отличительной особенностью месторождения является высокое содержание W, которое связано с россыпными концентрациями шеелита. Такая картина геохимической зональности рудоносной зоны имеет сложный характер, что обусловлено, главным образом, ее полигенной природой (россыпи, пьезостово-инфильтрационные аккумуляции и др.) и литолого-фациальными особенностями рудовмещающей толщи.

## УРАН В РУДАХ УЛУГ-ТАНЗЕКСКОГО РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ URANIUM IN ORES OF ULUG-TANZEC RARE METAL DEPOSIT

Гречищев О. К.

Объединённый институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, 630090,  
Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3,

Промышленное редкометальное оруденение связано с Улуг-Танзекским массивом щелочных гранитов, преобразованных в результате глубокой метасоматической переработки в кварц-альбит-микроклиновые породы - квальмиты с мелкой вкрапленностью тантало-ниобатов. Руды Улуг-Танзекского месторождения отличаются высокой комплексностью. Основными рудными компонентами являются тантал и ниобий, попутными - цирконий, гафний, редкие земли, литий, рубидий, ванадий, торий, свинец, олово. Кроме того, технологической схемой предусмотрено получение криолита и кварц-полевошпатового концентрата.

Рудный массив в современном плане имеет клиновидную форму и представляет собой сравнительно пологозалегающую (55-60°) залежь в докембрийских мраморах. Квальмиты, слагающие массив, благодаря высокой по сравнению с вмещающими породами устойчивостью, довольно резко выделяются в рельефе. По имеющимся в настоящее время фактическим материалам можно судить о строении рудного тела на глубину 700 м. До этого уровня оно сохраняет размеры и форму поперечного сечения, а также степень концентрации рудных компонентов.

Строение залежи квальмитов характеризуется грубо концентрической латеральной зональностью, обусловленной закономерным расположением двух

основных петрографических типов пород, слагающих рудный массив. Ранние рибекитсодержащие квальмиты занимают периферическую часть. Центральная часть рудной залежи представлена более поздними слюдистыми квальмитами.

Рудная залежь месторождения сложена мелко - среднезернистыми породами кварц-альбит-микроклинового состава. Соотношение главных породообразующих минералов: альбит - 39-37 %, микроклин - 30-27 %, кварц - 32-23 %. Разнообразные по составу литиево-железистые слюды представлены полилитионитом, литиево-железистым мусковитом, циннвальдитом, литиевым биотитом, протолитионитом. В ассоциации с ними встречаются рибекит и эгирин. Среднее содержание слюд и темноцветных минералов 2-3 %. Среди редкометальных минералов наибольшим распространением пользуются танталониобаты (колумбит и, в меньшей степени, пирохлор), циркон, торит. Из них основную практическую ценность имеют колумбит и циркон.

Характерной особенностью большинства редкометальных минералов является их сложный переменный состав, тончайшая микронеоднородность, мелкий размер зерен и сложный характер сростаний с породообразующими минералами и друг с другом.

Уран в рудах месторождения концентрируется в следующем виде: ураносодержащих акцессорных минералах, собственных минералах, пленочной форме.

В пирохлоре, главном рудном минерале ранних рибекитсодержащих квальмитов, присутствие урана обусловлено его вхождением в решетку пирохлора. По химическому составу он представлен танталосодержащей свинцово-урано-редкометальной разновидностью:  $Ta_2O_5 = 4.5-8.1 \%$ ,  $PbO = 4.0-31.8\%$ ,  $UO_2 = 5.5-10.7\%$ ,  $TR_2O_3 = 10-12 \%$ . Уран изоморфно входит также в состав позднего циркона. Присутствие урана в колумбите, торите, раннем цирконе связано с микровключениями урановой слюдки. Отмечается неравномерность в распределении самих акцессориев и неравномерность распределения урана в них, фиксируемое с помощью радиографии, микрорадиографии и f-радиографии.

По минеральному балансу установлено, что основная часть урана связана с пирохлором (24.3 %), цирконом (до 20 %), колумбитом (до 18 %), торитом (до 10 %). Установлено высокое рассеяние урана до 40 % и более, в том числе в слюдах (19-28 %), полевых шпатах (9-22 %), рибеките и эгирине - около 4 %.

Собственная форма нахождения урана представлена браннеритом и реже парсонситом и оранжитом. Браннерит имеет преимущественно прожилковый характер выделений и тесно ассоциирует с тонкочешуйчатым биотитом. Образует призматические, игольчатые кристаллы или неправильные зерна. Зерна браннерита часто окружены продуктами его разложения - охристыми массами желто-зеленого

та. Рентгено-структурным анализом в них диагностированы парсонсит, хейвиит, эпитимит, метаторбернит. Их образование, несомненно, связано с выносом урана в процессе изменения первичных ураносодержащих минералов. Перечисленные минералы встречаются спорадически.

Рассеянная форма нахождения урана устанавливается по трекам индуцированного деления ядер урана (f-радиография) в пробах, отобранных с поверхности, из подземных горных выработок и скважин. Уран фиксируется по трещинам породообразующих минералов (полевые шпаты, рибекит), в зерновых пространствах, что обусловлено, вероятно, присутствием микроскопических (пленочных) выделений собственно урановых минералов, доступных для изучения обычными оптическими методами. Присутствие точечной формы подтверждается положительной реакцией на уран  $[HNO_3 + Fe(CN)_6]$ , полученной на зернах породообразующих минералов из легкой фракции отолочек. Появлению такой формы нахождения урана в породах способствовали обложение, метасоматические и гипергенные изменения, которые приводили к разрушению ураносодержащих и собственно урановых минералов, выносу из них урана и переотложению в наиболее проработанных участках пород. Присутствие рассеянной формы может являться одной из причин легкого выщелачивания урана в породах массива. В разрезе ореол развития пород, содержащих уран, легко выщелачиваемый раствором 5% углекислого аммония (степень извлечения 40 % и более), распространяется от поверхности в глубь массива до уровня местного базиса эрозии.

Извлечение урана сернокислотным разложением из коллективного стумбитового, цирконового и слюдяного концентратов, получаемых в процессе обогащения Улуг-Танзекских руд, позволяет нарабатывать 74 %-ный урановый концентрат. Обработка же хвостов гравитации 5% углекислым аммонием повысит показатели извлечения за счет рассеянной формы урана в породообразующих минералах, даст возможность получения экологически чистого кварцево-полевошпатового продукта и обеспечит создание безотходной технологии переработки редкометалльных руд уникального Улуг-Танзекского месторождения.

# МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГА ТУВЫ И СООТНОШЕНИЕ В НИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ (РЗЭ) И РАДИОАКТИВНЫХ (РАЭ) ЭЛЕМЕНТОВ

## MINERAL ASSOCIATIONS OF COMPLEX DEPOSITS OF SOUTH TUVA AND THE RELATIONSHIP OF RARE EARTH ELEMENTS AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN THEM

Кулик Н.А., Мельгунов С.В., Мельгунов М.С.

Объединённый институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, Россия, 630090, Новосибирск, Университетский пр., 3., тел. (3832) 35-13-61, факс (3832) 35-26-92, E-mail: tikunov@uiggm.nsk.ru.

Железо-фтор-редкоземельные месторождения локализованы в зонах тектонических брекчий, образующих вертикальные или крутосклоняющиеся столбообразные тела в структурах региональных субширотных разломов вычленяющих среди каледонид герцинскую депрессию. Брекчии включают небольшие блоки позднегерцинских (мезозойских?) субщелочных и щелочных гранитоидов. Обломки пород, в том числе гранитоиды, интенсивно замещены рудными и жильными минералами в связи с грейзенизацией. Различаются сидеритовый и гематитовый типы руд. В пространственном размещении минеральных ассоциаций устанавливается зональность (снизу вверх по разрезу рудоотложения):

### ЖИЛЬНЫЕ (безрудные):

кальцит+анкерит+гематит; кальцит+анкерит+магнетит+пирит;  
кальцит±флюорит+апатит+торит+рутил; кальцит+флюорит; кальцит+анкерит;  
кальцит (асс. 8-12).

### РУДНЫЕ:

гематит+магнетит; гематит (асс. 6,7);  
↑  
гематит+флюорит+бастнезит (асс. 5);  
↑  
гематит+флюорит+барит+бастнезит+кварц+сидерит+пирит (асс. 4);  
↑  
сидерит+гематит+флюорит±барит+паризит+бастнезит+уранинит+пирит;  
сидерит+барит+гематит+флюорит+паризит+бастнезит+уранинит+пирит (асс. 2,3);  
↑  
(сидерит+барит)+флюорит+бастнезит+уранинит+пирит (асс. 1).

В ассоциациях отражен основной порядок минералообразования. В частных случаях взаимоотношения минералов усложнены. Так, на асс. 2,3 наложена более поздняя: бастнезитII+молибденит+уранинитII+сфалерит+баритII+гематит+сидеритII.

Термо- и криометрические исследования первичных включений во флюоритах указывают на высокотемпературное образование первичных минералов концентрированных углекислых растворов, что подтверждается сопутствующей гоменизацией; анализ ассоциаций свидетельствует о бикарбонатно-кальциевом характере растворов, богатых фтором, и присутствию в них  $(SO_4)^{2-}$ ,  $P_2O_5$ , кремнезема и  $Cl$  (по включениям). Средние температуры гоменизации включений: 500°C (асс. 1); 471°C (асс. 2,3); 466°C (асс. 4,5); 392-407°C - жильные ассоциации 8-12; 275°C - кальциевая ассоциация 12. Расчетные давления (кбар): 3-3.5 (асс. 1,2); 2-3 (асс. 3,4,5); 1.5-2 (асс. 8-12). С появлением и увеличением количества гематита концентрация  $CO_2$  в вакуолях резко падает, вплоть до полного исчезновения, параллельно уменьшается и давление. Расплавные включения отсутствуют.

Ассоциация 1 соответствует наиболее глубинному уровню системы, закрытой относительно  $CO_2$ . Появление барита в начале минералообразования вызвано высокой концентрацией  $(SO_4)^{2-}$  и  $HCO_3^-$  - ионов и свидетельствует об окислительной обстановке и кислой среде. Последующая массовая кристаллизация сидерита означает переход к восстановительным условиям и нейтральной или слабощелочной среде, а отложение вслед за сидеритом флюорита, а затем и оркарбонатов РЗЭ вновь фиксирует кислую среду и высокую активность  $F^-$  - ионов, насыщение растворов которыми связано с разрушением легкорастворимых соединений типа  $FeF_3$  и  $TRF_3 \cdot FeF_3$  в ходе кристаллизации сидерита, а не с поступлением фтора извне. Локальное появление паризита к концу осаждения флюорита указывает на высокое по отношению к РЗЭ содержание Са; поздние уранинит и пирит - на унаследованность восстановительной обстановки в заключительную фазу образования асс. 1. Смена окислительной обстановки в начале минералообразования на восстановительную в конце прослеживается в каждой последующей ассоциации. Появление гематита в рудах (асс. 2,3 и др.) знаменует обогащение растворов кислородом на более высоких уровнях системы (окислительные условия), в связи с чем широко проявлено замещение сидерита гематитом (магнетитом), вплоть до образования собственно магнетитовых и гематитовых руд (асс. 6,7).

Аналогичный анализ химизма сменяющих друг друга по разрезу ассоциаций позволил установить их преемственность и генетическое родство с развитыми по периферии рудных залежей безрудными ассоциациями 8-12 и проследить поведение РЗЭ и РАЭ в эволюции первоначально единого сложного сульфат- и хлорсодержащего карбонатного раствора с высокой концентрацией железо-фтор-



редкоземельных комплексов. Распад последних был главным фактором отделения рудных ассоциаций; последующий сброс давления и уход  $\text{CO}_2$  вызвали формирование нерудных карбонатных тел в верхних частях рудообразующей колонны.

Концентрация РЗЭ в разрезе рудоотложения дает соотношения: 1(асс. 1): 3.3(асс. 2): 3.7(асс. 3): 4.5(асс. 4): 2.6(асс. 5): 1.2(асс.6): 0.6(асс.7,8): 0.4(асс. 9-12). Асс. 3 и 4 максимально насыщены РЗЭ, являясь своеобразным геохимическим барьером, вне которого их содержание как в рудном, так и в безрудных телах резко падает. Главные концентраторы РЗЭ: в рудах - бастнезит (64.3-70.1%), затем паризит (62.2%),

в нерудных телах - торит, менее апатит. Содержание  $\Sigma$ РЗЭ (в г/т): флюорит 3390-4780 (асс. 1), 780-1495 (асс. 2,3,4), 425 (асс. с торитом); сидерит 600-1000; барит 500; гематит 218-441; рутил 1021; апатит 2512-4055; в торите - 1.33%. Нормированное распределение РЗЭ в рудных минералах обнаруживает отсутствие аномалий Eu, для флюорита дает пологие дугообразные кривые с максимумом на Eu и Gd и минимумом легких РЗЭ; апатиты слабо обогащены легкими РЗЭ с небольшой отрицательной аномалией Sm; торит, напротив, явно обогащен Sm при заметном минимуме Eu; рутил обогащен La и Ce. Последние три минерала, образуясь совместно, демонстрируют дополняющее друг друга распределение РЗЭ.

Для U установлены соотношения: 1(асс. 1): 1.3(асс. 2): >4.7(асс. 3): 0.7(асс. 4,5): 0.6(асс. 6): 0.3(асс. 7-12). Основной концентратор U в рудах - уранинит. Уранинит I создает во всех рудных ассоциациях первичный равномерный фон; пик концентрации U в асс. 3 связан с наложенной уранит II-сульфидной минерализацией. Соотношения для Th: 1(асс. 1): 2.8(асс. 2): 4.0(асс. 3): 1(асс. 4,5): 3.3(асс. 6,7): 0.4(асс. 8-12, при > 16.6 в участках с торитом). Th образует несколько пиков 3-4 кратных концентраций, включая аномальные всплески в обломках грейзенизированных вмещающих пород. 10-30 кратные увеличения концентраций в рудах асс. 2 и 3 вызваны присутствием Th-содержащего паризита (бастнезита), а 3-115 - кратные в асс. 8-10 - торитом. Минералы содержат U(Th) в г/т: флюорит 0.7-39(14-28); сидерит 0.4-19.6(до 7); гематит 19-40(0.5); кальцит 0.4(н.о.); рутил 47(46.7); бастнезит н.о.(78-306); Th - содержащий паризит н.о.(2.8%); апатит н.о.(23-2.8); барит 7.4-8.2(н.о.); пирит 50-132(н.о.); уранинит 93.43%(2.98%); торит 3.74%(72.49%). Наибольшие РЗЭ/Th и РЗЭ/U характерны для руд асс. 4 и 5 из-за резкого обогащения их бастнезитом. Очень низкое Th/U (<1) в рудах асс. 2 и 3 вызвано высокой концентрацией в них и Th и U. В нерудных кальцитовых телах Th/U повышается до 3, а в участках с торитом составляет 66-115.

Данные (n,f)- $\beta$  - радиографии и ИНАА, помимо собственных минералов РЗЭ, Th и U фиксируют равномерную насыщенность флюорита, апатита, рутила РЗЭ;

монацита (?), бастнезита, паризита - торием, который, очевидно, входит в кристаллическую решетку карбонатов по схеме  $2\text{Ce}^{+3} \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{Th}^{+4}$ . Появление монацита характерно в случае низкого содержания  $\text{F}^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  - ионов и наличия  $\text{P}_2\text{O}_5$  при грейзенизации обломков гранитоидов. Здесь работают схемы  $\text{Th}^{+4} + \text{Ca}^{+2} \rightarrow 2\text{Ce}^{+3}$  и  $\text{Th}^{+4} + \text{Si}^{+4} \rightarrow \text{Ce}^{+3} + \text{P}^{+5}$ . Образование же торита с апатитом, а не с монацитом в асс.10 предопределено высокой кальциевостью среды и невозможностью образования карбонатов РЗЭ из-за низкого остаточного содержания РЗЭ, ограниченной изоморфной емкостью апатита в отношении Th и обогащенностью раствора кремнеземом за счет обломков вмещающих пород; высокая концентрация U в торите объясняет отсутствие уранинита.

Отсутствие корреляционных связей между содержаниями РЗЭ, U и Th в рудах в жильном выполнении, преимущественно изоморфное вхождение Th в торкарбонаты РЗЭ и фосфаты и образование торита при осаждении U в виде уранинита на заключительных этапах процесса объясняются различным поведением U и Th в эволюции исходного раствора, что вызвало пространственную разобщенность урановой и ториевой минерализации и редкое образование смешанных аномалий.

Эволюцию химизма растворов при формировании каждой ассоциации следует рассматривать на фоне уменьшения Eh в области кислой, нейтральной и слабощелочной сред, а общая смена минеральных ассоциаций в разрезе рудоотложения свидетельствует о возрастающей активности кислорода.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВО ФЛЮОРИТЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЕРМАНИИ И СТРАН МИРА RADIOACTIVE AND RARE EARTH ELEMENTS CONTAIN IN FLUORITE OF DIFFERENT DEPOSITES OF GERMANY AND OTHER COUNTRIES**

Язиков Е.Г.

Томский политехнический университет, 634034, г. Томск, Россия,  
пр. Ленина, 30, тел/факс (3822) 41-89-10

Флюорит является наиболее распространенным сквозным минералом в месторождениях различных генетических типов и металлогенической специализации, что издавна привлекает внимание минералогов, геохимиков и специалистов в области поисков рудных месторождений (Баранов Э.Н., 1966; Файзиев А.Р. и др., 1983, 1987; Ершов В.В. и др., 1990).

Автором, на основании изучения каменного материала фондовых коллекций Фрейбергской Горной академии, приводится анализ содержания радиоактивных и



редкоземельных элементов во флюорите, в основном из месторождений плавикового шпата и месторождений пятиэлементной формации. Используются единичные образцы из полиметаллического месторождения Греции и месторождения олова Рудных гор Германии.

Всего было исследовано 45 монофракций флюорита из 13 стран мира, причем наиболее детально изучены рудные районы Германии - Гарц, Тюрингия, Рудные горы и Фогтланд. Все пробы анализировались инструментальным нейтронно-активационным анализом в ядерно-геохимической лаборатории Томского политехнического университета на торий и редкие земли, тогда как уран определялся лазерно - люминесцентным методом в аналитической лаборатории ГПП "Березовгеология".

Содержание радиоактивных элементов во флюорите из месторождений рудных районов Германии изменяется по урану от 0,1 г/т (Тюрингия, 5-элементная формация) до 0,32 г/т (Рудные горы, 5-элементная формация), тогда как по торию от 0,02 г/т (Фогтланд, флюорит-баритовая формация) до 2,3 г/т (Рудные горы, месторождение олова). Концентрация тория фиксируется лишь в отдельных пробах, что не позволяет использовать для характеристики торий-урановое отношение (табл. 1).

Повышенное содержание редких земель характерно для флюорита Рудных гор месторождений 5-элементной формации, среди этих элементов следует выделить церий - 13 г/т, европий - 3,9 г/т, тербий - 1,8 г/т, самарий - 11,27 г/т, лютеций - 0,42 г/т и иттербий - 2,35 г/т (табл. 1). Тогда как максимальный уровень накопления лантана - 5,38 г/т фиксируется во флюорите рудного района Фогтланд (месторождения плавикового шпата), а церия - 20,6 г/т во флюорите Гарца (месторождение плавикового шпата). По величине отношения суммы легких лантаноидов (La+Ce) к сумме тяжелых (Yb+Lu) выделяется рудный район Гарц со значением 56 единиц, где в минерале преобладают элементы цериевой группы. Для флюорита из месторождений рудного района Тюрингии величина отношения составляет 15,6 единиц (табл. 1), тогда как для минерала южных рудных районов Германии (Рудные горы, Фогтланд) характерна пониженная величина отношений 6,1 и 13,77, что характеризует преобладание в минерале элементов иттриевой группы или тяжелых лантаноидов. По величине отношения легких к тяжелым лантаноидам можно выделить три области значений: менее 10, 10 - 20 и более 20 (рис. 1). В первую область пониженных значений, где в минерале преобладают тяжелые лантаноиды, попадают все месторождения рудных районов Германии (Тюрингия, Гарц, Рудные горы) 5-элементной формации, тогда как во вторую область попадают месторождения плавикового шпата Тюрингии и Фогтланд, а также месторождение

олова Рудных гор. В области высоких значений отношения располагаются месторождения флюорит-баритовой формации Гарца.

Учитывая данную геохимическую специфику поведения редкоземельных элементов в рудных районах Германии, можно предположить, что данная особенность поведения элементов характеризуется более близким залеганием в южной части Германии разновозрастного складчатого фундамента.

Таблица 1

**Среднее содержание радиоактивных и редкоземельных элементов во флюорите рудных районов Германии (г/т)**

Но- мер	U	Th	Ce	Sc	Eu	Tb	Sm	La	Lu	Yb	Th/U	Eu/ Sm	La+ Ce/ Yb+Lu
Гарц. М-ния 5 элементной формации (5 проб, 4 м-ния)													
1	0,16	0,05	10,5	0,37	1,4	0,87	3,05	4,91	0,25	1,6	0,03		8,3
Гарц. М-ние плавикового шпата (3 пробы, 1 м-ние)													
2	0,2	0,17	20,6	0,1	2,4	0,76	10,82	11,3	0,08	0,49	0,85		56
Рудные горы. М-ние олова (1 проба)													
3	0,14	2,3	9,1	0,74	0,46	0,23	1,08	2,93	0,19	0,67	16,4		14
Рудные горы. М-ние 5 элементной формации (4 пробы, 1 м-ние)													
4	0,32	-	13	1,2	3,9	1,8	11,27	3,78	0,42	2,35			6,1
Фогтланд. М-ние плавикового шпата (7 проб, 2 м-ния)													
5	0,38	0,02	13,9	0,13	0,65	0,56	1,98	5,38	0,25	1,15	0,05		13,8
Тюрингия. М-ние плавикового шпата (1 проба)													
6	0,11	-	4,1	0,08	0,37	0,33	0,76	1,2	0,04	0,3			15,6
Тюрингия. М-ние 5 элементной формации (1 проба)													
7	0,1	-	4,3	0,09	1,3	0,74	2,5	0,92	0,12	0,89			5,2

Содержание урана во флюорите рудных районов различных стран мира изменяется от 0,1 г/т (Китай, Испания и др.) до 6,4 г/т (Англия), тогда как величина тория устанавливается в единичных пробах - 0,42 г/т (Марокко) и 0,2 г/т (США). По своим геохимическим особенностям резко выделяется флюорит месторождения плавикового шпата Англии, где устанавливаются высокие концентрации Ce - 119 г/т, Eu - 79 г/т, Tb - 6,5 г/т, La - 81,8 г/т, Lu - 1,12 г/т и Yb - 8,12 г/т (табл. 2). Среди месторождений стран мира резко выделяются два (Мексика, Марокко), минерал которых обеднен как элементами цериевой, так и иттриевой групп. Для флюоритов других месторождений различных стран мира концентрации элементов изменяются в сторону повышенных или пониженных значений. Так, например, повышенные концентрации Ce - 17,6 г/т, Eu - 3,7 г/т и La - 9,03 г/т устанавливаются в пробах месторождений Франции, а Sm - 6,19 г/т, 5,93 г/т в месторождениях Испании и Норвегии, Tb - 1,2 г/т в месторождении Испании (табл. 2).

По величине отношений легких и тяжелых лантаноидов можно условно выделить четыре области значений: менее 5, 5 - 10, 10 - 20 и более 20 (рис. 2). В первую область попадают месторождения плавикового шпата ЮАР и Индии, минерал которых наиболее обогащен тяжелыми лантаноидами, тогда как во второй области располагается основная доля месторождений различных полезных

ископаемых мира (Норвегия, Франция, Китай, Италия, Греция). В область значений от 10 до 20 попадает месторождение Испании, тогда как в области высоких значений величины отношений (более 20) фиксируются месторождения Англии и США.

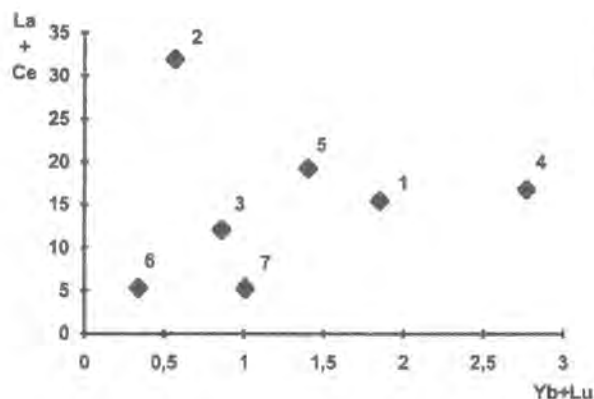


Рис. 1. Диаграмма флюорита рудных районов Германии.  
(Номера районов смотри в табл. 1.)

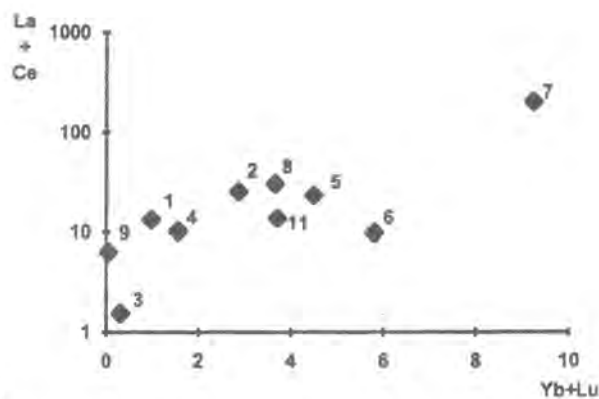


Рис. 2. Диаграмма флюорита рудных районов различных стран мира.  
(Номера районов смотри в табл. 2.)

Таким образом, на основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Флюориты из различных месторождений рудных районов Германии и стран мира характеризуются низкими значениями урана (менее 0,4 г/т) и тория (менее 0,5 г/т). Исключение составляют месторождение - плавикового шпата Англии, где концентрация урана в минерале равна 6,4 г/т и месторождение олова Рудных гор Германии при содержании тория - 2,3 г/т

2. Наиболее широкий спектр редкоземельных элементов и его повышенные концентрации устанавливаются во флюорите месторождения 5-элементной формации Рудных гор Германии (Ce - 13 г/т, Eu - 3,9 г/т, Tb - 1,8 г/т, Sm - 11,27 г/т, La - 0,42 г/т и Yb - 2,35 г/т). Тогда как максимальный уровень накопления лантана - 5,38 г/т фиксируется во флюорите месторождений рудного района Фогтланд (месторождение плавикового шпата), а церия - 20,6 г/т во флюорите Гарца (месторождение плавикового шпата).

3. По величине отношения суммы легких лантаноидов (La+Ce) к сумме тяжелых (Yb+Lu) выделяется рудный район Гарц (месторождения плавикового шпата), где величина равна 56 единиц, а для южных рудных районов Фогтланд и Рудные горы - 6,1 и 13,77. Минерал из северных рудных районов обогащен легкими лантаноидами цериевой группы, а южных - тяжелыми, иттриевой группы.

4. По своим геохимическим особенностям резко выделяется флюорит месторождения плавикового шпата Англии, где устанавливаются высокие концентрации Ce - 119 г/т, Eu - 79 г/т, Tb - 6,5 г/т, La - 81,81 г/т, Lu - 1,12 г/т и Yb - 8,12 г/т.

5. Среди месторождений стран мира выделяются два (Мексика, Марокко), минерал которых обеднен как элементами цериевой, так и иттриевой групп.

6. По величине отношений легких и тяжелых лантаноидов можно условно выделить четыре области значений: менее 5, 5 - 10, 10 - 20 и более 20. Месторождения ЮАР и Индии попадают в область пониженных значений, США и Англии - повышенных, а все остальные в интервал 5 - 20.

Таблица 2

**Среднее содержание радиоактивных и редкоземельных элементов во флюорите рудных районов различных стран мира (г/т)**

№-проб	U	Th	Ce	Sc	Eu	Tb	Sm	La	Lu	Yb	Th/U	Eu/Sm	La+Ce/Yb+Lu
Испания. М-ние плавикового шпата (1 проба)													
1	0,16	-	10	0,12	2,6	1,2	6,19	3,28	0,13	0,86	-	0,4	13,4
Франция. М-ние плавикового шпата (7 пробы, 5 м-ний)													
2	0,12	-	17,6	0,33	3,7	0,84	4,4	9,03	0,51	2,36	-	0,8	10,4
Греция. М-ние полиметаллов (1 проба)													
3	0,1	-	0,93	0,08	0,52	0,34	0,63	0,6	0,04	0,28	-	0,8	4,8
Италия. М-ние плавикового шпата (1 проба)													
4	0,2	-	8	0,83	0,54	0,34	1,29	2,12	0,28	1,29	-	0,4	6,4
Норвегия. М-ние 5 элементной формации (1 проба)													
5	0,16	-	17	0,07	0,94	1	5,93	6,41	0,8	3,7	-	0,2	5,2
Индия. М-ние плавикового шпата (1 проба)													
6	0,14	-	7,8	1	0,66	0,67	1,32	1,87	1,08	4,73	-	0,5	1,7
Англия. М-ние плавикового шпата (1 проба)													
7	6,4	-	119	2,1	79	6,5	-	81,81	1,12	8,12	-	-	21,7
Китай. М-ние плавикового шпата (3 пробы, 1 м-ние)													
8	0,2	-	23	0,32	0,63	0,75	3,5	8,2	0,69	2,96	-	0,18	20
США. М-ние плавикового шпата (2 пробы, 2 м-ния)													
9	0,15	0,1	4,9	0,2	0,13	0,05	0,86	1,49	0,07	-	0,6	0,15	105
Мексика. М-ние плавикового шпата (1 проба)													
10	0,1	-	-	0,09	-	-	0,13	-	-	-	-	-	-
ЮАР. М-ние плавикового шпата (3 пробы, 2 м-ния)													
11	0,17	-	10,3	1,6	1,9	0,8	3	3,39	0,67	3,04	-	0,6	3,7
Марокко. М-ние плавикового шпата (2 пробы, 1 м-ние)													
12	0,1	0,21	1,7	0,09	-	-	0,15	0,3	-	-	2,1	-	-



**РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОРОДАХ И  
МИНЕРАЛАХ СКАРНОВО - МАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**  
REAREARTH AND RADIOACTIVE ELEMENTS IN THE ROCKS AND MINERALS OF  
SCARNOVO - MAGNETITE DEPOSITES

Мазуров М.П., Бобров В.А., Боброва Н.В.

Объединенный Институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

Инструментальным нейтронно-активационным анализом определены концентрации и установлены главные тенденции редкоземельных (РЗЭ) и радиоактивных (РАЭ) элементов в породах и минералах эталонных скарновых месторождений железа палеоостроводужных областей и зон внутриконтинентального рифтогенеза. На основе полученных данных сделаны выводы о поведении РЗЭ и РАЭ в скарново - рудном процессе, оценены их возможности как индикаторов состава и последовательности развития рудообразующих систем. Выполненное исследование дополняет информацию о природе и скрытой зональности аномалий РАЭ в скарново-рудных полях, что необходимо как для генетических реконструкций, так и для разработки природоохранных мероприятий и способов утилизации горной массы.

В месторождениях известково-скарновой магнетитовой формации, эталоном которого принято Ирбинское месторождение в Восточном Саяне [1], породы вмещающих толщ (известняки, эффузивные и пирокластические породы основного и среднего составов), интрузивных комплексов (диориты, адамеллиты, граносиениты, диабазы и др.) характеризуются обычным для палеоостроводужных областей распределением РЗЭ. Для магматических пород присуще повышение общей суммы и легких РЗЭ в более поздних и более кислых дифференциатах, наличие в нормированных по хондриту спектрах слабой европиевой аномалии или отсутствие ее. В скарново-рудных залежах общее содержание РЗЭ всегда выше, чем в реагирующих интрузивных и карбонатно-вулканогенных вмещающих породах.

Обращает на себя внимание ярко выраженная положительная европиевая аномалия в ранней генерации гранита, образованной, по данным гомогенизации газово-жидких включений, при температуре 630-580° С (соотношение европия и соседних элементов следующее:  $Eu/Sm = 3.4$ ,  $Eu/Tb = 68.7$ ). Для этой генерации присущи одновременно высокие сумма РЗЭ, лантан-иттербиевое отношение, а также содержание урана.

Экзоскарновые гранаты обогащены легкими РЗЭ при низком содержании тяжелых ( $La/Yb = 52.7$ ). В гранатах жильные аподиоритовых скарнов отмечен дефицит легких и повышенное содержание тяжелых РЗЭ ( $La/Yb = 0.04 - 0.06$ ). В

гранатах пироксен-гранатовых скарнов, замещающих порфириды, и в сорудных ассоциациях одновременно наблюдается низкое содержание крайних легких и тяжелых лантаноидов, так что нормированная кривая имеет резкий подъем в области Nd-Sm-Eu-Gd, а иногда и Tb. В гранатах диффузионно-биметасоматических пироксен-гранат-волластонитовых скарнов, окаймляющих послерудную дайку гранит-порфира, нормированный спектр РЗЭ конформен таковому магматической породы; он имеет такую же отрицательную европиевую аномалию,  $La/Yb = 5$ , а общая сумма РЗЭ самая высокая из всех присутствующих в рудном поле гранатов.

В более поздних генерациях гранатов единого послемагматического процесса общая концентрация РЗЭ меньше при относительно более высоком количестве тяжелых РЗЭ. В пироксен - гранатовой зоне метасоматической колонки проявлено закономерное перераспределение РЗЭ: спектры нормированных по андриту сосуществующих граната и пироксена противоположны, причём в гранатах РЗЭ содержится на порядок больше.

Эпидоты в апоскарновых и пропилитовых аподиоритовых ассоциациях относительно обогащены лёгкими РЗЭ и обеднены тяжёлыми, в их спектре повсеместна положительная европиевая аномалия, унаследованная от замещаемых андрадитов и полевых шпатов. Как и в гранатах, высокотемпературные генерации эпидотов имеют более высокую сумму РЗЭ. Апатитам присуща высокая сумма РЗЭ, резкая селективность в отношении легких элементов и отрицательная европиевая аномалия. В амфиболах, кальцитах, флюорите и других минералах содержания РЗЭ низкие.

В эталонном для магнезиально - скарновой магнетитовой формации месторождении Маргоз повышенные содержания РЗЭ и РАЭ установлены в гранатах и эпидотах, входящих в ассоциацию апомагнезиальных известковых скарнов. Общая сумма РЗЭ в гранатах и эпидотах здесь выше, чем в Ирбинском месторождении, что связано с более кислым составом рудоносного интрузива, в нормированном спектре обоих минералов отчетлива положительная европиевая аномалия, преобладают лёгкие РЗЭ.

Свою специфику имеет распределение РЗЭ и РАЭ в породах и минералах скарново - магнетитовых месторождений ангаро - илимского типа, связанных с трапповым магматизмом и приуроченных к зонам внутриконтинентальных рифтовых систем. На примере Коршуновского и Рудногорского месторождений, на которых представлен практически весь комплекс породных и минеральных ассоциаций во всем многообразии геолого-структурных позиций, установлено, что содержание и распределение РЗЭ и РАЭ в неизмененных базальтоидах аналогичны высокотитанистым базальтоидам покровных траппов [2,3], расплавы которых зарождались в подстеносферных областях мантии. Разности долеритов,

контаминированных в промежуточной магматической камере и в других местах реакционного взаимодействия с вмещающими породами, имеют более высокую щелочность и обогащены легкими РЗЭ. В отличие от продуктов внутрикамерной дифференциации они аномальны по торий-урановым и лантан-иттербиевым отношениям.

Доломиты, известняки, ангидритовые породы и каменные соли, с которыми взаимодействуют внедряющиеся базитовые магмы, имеют низкое общее содержание РЗЭ и РАЭ, за исключением небольших скоплений фосфатного вещества в песчаниках вихоревского горизонта ордовика. В кальцифирах и магнезиальных скарнах магматического этапа РЗЭ и РАЭ обнаруживаются в меньшем количестве, чем в долеритах, причем отношения легких и тяжелых РЗЭ варьируют.

Апатит - единственный минерал - концентратор и носитель РЗЭ и РАЭ в магнезиально - скарновых рудах магматического этапа - отличается от поздней генерации апатита в друзовых полостях среди перекристаллизованной руды и скарнированных долеритов более высоким на порядок общим содержанием преимущественно лёгких РЗЭ. В этом отношении он аналогичен апатиту из высокотемпературных апатит - магнетитовых жил, часто встречающихся в скарновых - магнетитовых месторождениях палевоостроводужных областей.

В скарново - магнетитовых месторождениях ангаро - илимского типа кальцийсодержащие минералы - носители РЗЭ входят в ассоциации апомагнезиально - скарновых и собственно известковых скарнов. Данные по распределению РЗЭ позволяют наметить геохимические признаки их отличия. Так гранаты апомагнезиальных скарнов имеют меньшую общую сумму РЗЭ, небольшое лантан - иттербиевое отношение и слабо выраженную положительную европиевую аномалию. Гранаты аподолеритовых известковых скарнов резко обогащены легкими РЗЭ, на нормированном спектре контрастно проявлена положительная европиевая аномалия. В пироксенах пироксен - гранатовых известковых скарнов при общем низком содержании суммы РЗЭ преобладают тяжелые РЗЭ, а форма нормированной кривой противоположна гранатовой. В мономинеральных пироксеновых зонах общая сумма РЗЭ выше, но нет различий в составе легких и тяжелых РЗЭ.

Общее содержание, отношение легких и тяжелых РЗЭ в эпидотах очень близко апатитовому, отличаясь лишь слабой положительной европиевой аномалией, особенно в ассоциациях, развивающихся по долеритам. В паргаситах и тремолитах распределение РЗЭ одинаково, но количество каждого элемента в более высокотемпературном паргасите выше.

Выполненное исследование позволяет сделать вывод, что скарново - рудные залежи являются участками, содержащими повышенное количество РЗЭ и РАЭ, накопление которых происходит в высокотемпературных генерациях кальцийсодержащих минералов. В сосуществующих гранатах и пироксенах РЗЭ и РАЭ предпочтительнее концентрируются в гранатах. Соотношение легких и тяжелых РЗЭ в скарновых минералах изменяется не только в зависимости от петрохимических особенностей и типа парагенезиса, но и в связи с температурой процесса.

Во всех изученных формационных типах скарново-магнетитовых месторождений главными минералами-носителями РЗЭ являются гранаты пирролар-андрадитового ряда, эпидот, моноклинные пироксены, кальцевые фиболы. Апатит, хотя и содержит относительно высокое количество лантаноидов, в силу малой распространенности служит только минералом-концентратором и имеет ограниченное индикаторное значение.

Обращает на себя внимание факт совместного повышенного содержания РЗЭ и урана в гранатах прерудных известковых пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мазуров М.П. Генетические модели скарновых железорудных формаций.- Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1985. - 184 с.
2. Нестеренко Г.В., Альмухамедов А.И. Геохимия дифференцированных базальтов (Сибирская платформа).- М.: Наука, 1973. - 298 с.
3. Geology and geochemistry of intrusion and flood basalts of the Norilsk region, USSR, with implication for the origin of the Ni-Cu ores/ A.J. Naldrett, P.S. Lightfoot, V. Fedorenko et al // Economic Geology, Vol. 87, 1992, n. 4, p.975-1004.



# РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КВАРЦИТАХ АНТОНОВСКОГО РУДНИКА И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ

## RADIOACTIVE ELEMENTS IN QURTZITES FROM ANTONOVSK MINE AND PROBLEMS OF ECOLOGICAL MINERALOGY

Сальников В.Н., \* Монингер Г.Г., Коровкин М.В., \* Горенинский В.В.,  
\* Долгов И.В., Токаренко Г.Г.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30,  
тел.(8-3822)76-01-46, телетайп 128184 =Тема=, \* АООТ "Антоновское  
рудоуправление", 652091, Россия, Кемеровская обл., г. Анжеро-Судженск

Сохранение экологии в промышленно развитых регионах Сибири в настоящее время является актуальнейшей проблемой. Требования к качеству минерального сырья по официальным инструкциям остались прежними, в то же время они возросли к экологической чистоте конечного продукта: керамике, стеклу, цементу, щебню, кварцитовому песку. Например, повышенное содержание ртути в щебне увеличивает эманационный фон в жилых массивах и отрицательно сказывается на здоровье людей. Большая доза радиации от примесей урана в тория может стимулировать развитие онкологических заболеваний. Установлена прямая зависимость частоты встречаемости ишемической болезни сердца от содержания висмута в горных породах данной местности. Решение этих проблем рассматривается экологической минералогией. В структуре генетической минералогии выделяются три направления: историко-эволюционная, экологическая и геодинамическая минералогия [1]. Экологическая минералогия изучает структурные и физико-химические связи и взаимодействия минеральных систем между собой и средой. В полной мере это относится к строительным материалам (наполнители в бетоне, цемент, глина, кирпич и др.).

Кварциты из Антоновского месторождения (Анжерский район Кемеровской области), содержащие до 98,8 % кремнезема широко используются в качестве основного сырья при выплавке кремнистых ферросплавов (марка КС в производстве кристаллического кремния (марка КР-2) и как флюсующая добавка (марка КШ). Отходы при сортировке по крупности кварцитов высококачественных технологических марок в настоящее время стали применяться для производства щебня, наполнителей для производства цемента, кирпича, резины, керамики и фильтров для очистки питьевой воды (кварцевый песок). Возрастающие требования к экологически чистой продукции из кварцитов вызывают необходимость комплексного анализа физико-химических свойств, генетических особенностей вещественного и элементного состава кварцитов, при этом особое значение

представляют исследования содержания в них радиоактивных и тяжелых элементов, токсичных и вредных для жизнедеятельности человека.

Район Антоновской группы месторождений кварцитов характеризуется достаточно сложным строением, поскольку расположен на северо-восточном склоне Кузнецкой котловины с Кузнецким Алатау, погружающимся под рыхлые отложения Чулымо-Енисейской впадины.

На происхождение кварцитов имеются две противоположные точки зрения. Многие исследователи (В.А. Нудлер, Н.И. Буянов, А.Н. Чураков, К.Д. Нешумаев, А.С. Криллов, Н.И. Шпахондраева) считают, что генезис кварцитов осадочный. Метасоматическую природу кварцитов отстаивали в своих работах академик М.А. Усов, профессора А.М. Кузьмин, Ф.П. Волков, К.В. Радугин и другие. Классификация кремнистых пород подробно описана в работе [2], где выделены группы кремнистых пород гидротермально-метасоматического и осадочного генезиса. Антоновское месторождение кварцитов - одно из уникальных в мире.

Для исследования кварцитов с помощью нейтронно-активационного и рентгено-абсорбционного анализов, ядерного магнитного и ядерного гамма-резонанса, спектроскопических, электрофизических и радиационно-оптических методов были отобраны ряд штучных проб в центральной части карьера N 3 из основных рудных тел Антоновского месторождения. По цвету отобранные кварциты варьируются от светлых до черных и от розовых до вишневых.

Кварциты обеднены ураном по отношению к эффузивным, интрузивным и осадочным породам Кузбасской котловины; его содержание не превышает старковых значений  $0,7 \cdot 10^{-4} \%$ , а в отдельных образцах - ниже  $10^{-5} \%$ . Уран, находящийся обычно в горных породах в четырехвалентной форме частично окисляясь до шестивалентного, может мигрировать в зоне гипергенеза [3]. По данным нейтронно-активационного анализа кривая изменения содержания урана по разрезу подтверждает такую зависимость. На порядок повышены содержания урана в гематитизированных образцах. В неизмененных кварцитах уран не коррелирует с содержанием железа, а прямую зависимость имеет в образцах, взятых из лимонитизированных, гематитизированных линз кварцита.

Содержание тория варьирует от 0,3 до  $1,1 \cdot 10^{-4} \%$  в неизмененных кварцитах и до  $1,4 \cdot 10^{-4} \%$  в зонах трещиноватости и дизъюнктивных нарушений; в местах гематитизации содержание тория увеличивается на порядок. Так как торий в основном содержится в качестве примеси в акцессорных минералах наравне с редкоземельными, то его содержание подчиняется тем же закономерностям.

Во всех пробах кварцита присутствуют Sm, Hf, Lu, La ( $0,2 \cdot 10^{-4} \%$ ) и лишь в отдельных встречается Eu. Содержание Ce выше на порядок; в отдельных

образцах обнаружены Tb и Yb. В некоторых образцах из метасоматических зон содержание лантана, самария, европия, тербия, иттербия, лютеция на порядок выше, чем в остальных кварцитах.

По данным радиометрических измерений гамма - активность кварцитов составляет 10 - 12 мкр/час, что ниже фоновых значений. Незначительное повышение радиационного фона наблюдается на линзах вишнево-красных, трещиноватых, пористых кварцитов.

Тяжелых металлов (Ta, Tl, Bi) в кварцитах не обнаружено. Отсутствуют типично халькофильные элементы - медь, серебро. Встречается сурьма. Содержание ртути в кварцитах не превышает миллионных долей процента, что ниже ее кларковых значений. Ниже кларковых и содержание золота. Сидерофильные элементы в кварцитах представлены хромом, кобальтом ( $2,8 - 20,0 \cdot 10^{-4}\%$ ); железом (0,2 - 0,5 %). Присутствие мышьяка не обнаружено.

Как правило, повышенные (не более чем на порядок) содержания тяжелых, радиоактивных и редкоземельных элементов наблюдаются в образцах кремнисто-углистых сланцев в зонах гипергенеза. Вероятно обогащение дизъюнктивных зон этими элементами происходит за счет их выноса из кварцитов и вмещающих пород. Возможно, имела место поздняя гидротермальная проработка кварцитов по зонам разломов, связанная с привнесением компонентов с более глубоких горизонтов. Проведенные исследования электрофизических и радиационно-оптических свойств химического и элементного состава кварцитов и геохимической обстановки Антоновского месторождения подтверждают сделанные ранее выводы об осадочно-метасоматическом генезисе кварцитов [4].

Одним из эффективных экспресс-методов исследования генетических особенностей минералов и горных пород является метод термолюминесценции (ТЛ). Возникновение ТЛ обусловлено дефектностью минералов и наличием в них примесей радиоактивных элементов.

Высокая чистота, низкая природная радиоактивность и микродефектность кварцитов являются причиной крайне слабой естественной термолюминесценции, поэтому нами использовалась специальная методика регистрации слабых световых потоков с помощью фотозлектронного умножителя ФЭУ-140, позволяющая регистрировать свечение в области 200-650 нм. Использование предварительного облучения гамма-квантами для возбуждения минеральной "памяти" кварцитов позволило получить полную ТЛ - характеристику, в которой отражены люминесцентные особенности кварцитов разных технологических марок. Отмечено, что с помощью люминесцентных методов возможно проводить экспресс-диагностику экологической чистоты кварцитов.

На основании проведенных исследований можно заключить, что кварциты айдаковского месторождения не содержат радиоактивных, тяжелых, ядовитых или токсичных элементов во вредных для человека концентрациях. Особая чистота таких технологических марок кварцитов позволяет рекомендовать их для применения в специальных технологиях при изготовлении экологически чистых высококачественных материалов и изделий. На примере кварцитов показана принципиальная возможность эффективного использования радиационно-химических экспресс - методов при решении некоторых задач геоэкологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жабин А.Г. Стадиальный анализ в генетической минералогии// Исследование рудообразующих минеральных систем. - Свердловск: УрНЦ АН СССР, 1981. -С.45-55.
2. Сараев В.А. О номенклатуре и классификации кремнистых пород// Изв. ВУЗов, 1976. -Т.264. -С.84-91.
3. Черепнин В.К. Геохимия и типы месторождений урана. -Томск: Изд-во Томского государственного университета, 1966. - 313 с.
4. Сальников В.Н., Монингер Г.Г., Заверткин С.Д., Коровкин М.В., Долгов В.В. О некоторых электрофизических свойствах кварцитов// Физико-химические проблемы разработки полезных ископаемых. -1994. -N3, -С.89-99.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ АЙДАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ) ПО РАДИАЦИОННОМУ ПРИЗНАКУ. INVESTIGATION OF SAND - GRAVEL ROCKS AYDAKOV DEPOSIT (TOMSK REGION) ON RADIOACTIVE INDICATION**

Глебова Г.А., Глухов Г.Г., Замаев Д.К.

Научно-исследовательский институт ядерной физики, Томский политехнический университет, 634034, Россия, г.Томск, пр. Ленина 2а

Для производства строительных материалов используются разнообразные типы горных пород, продукты или отходы их переработки, характеризующихся различным, иногда и высоким уровнем естественной радиоактивности, которая обусловлена в основном излучением радионуклидов радий-226, торий-232 с продуктами их распада, а также радионуклидом калий-40. В целях предотвращения неконтролируемого облучения населения материалы используемые в строительстве подлежат испытаниям на соответствие их нормативным требованиям.

В этой связи нами проведено изучение радионуклидного состава песчано-гравийных материалов Айдаковского месторождения приуроченного к аллювиальным отложениям островной поймы р. Томи. Полезное ископаемое - песчано-гравийная смесь - залегает пластообразно, мощность полезной толщи изменяется от 3,2 до 10,5 м. Полезная толща повсеместно перекрыта слоем вскрышных пород, представленных аллювиальным суглинками, супесями, песками мощностью 3,2-4,6 м.

Для отбора проб на обследуемой площади 75 га Айдаковского карьера методом квадратов была разбита сеть скважин базовая сторона квадрата принята 150-200 м. В геометрическом центре каждого квадрата были отобраны представительные пробы ПГС, представляющие собой керн из скважин пробуренных на всю толщу исследуемого пласта, до подстилающих пород. В каждой скважине из толщи ПГС отбирались частные пробы с интервалом 1-3 метра. Частные пробы перемешивались на поддоне и методом квартования выделялась представительная проба весом 18-22 кг, в которую включалась только ПГС т.к. породы вскрыши и прослой пустых пород (глины, суглинки) не используются и не входят в состав товарного песчано-гравийного материала.

Перед проведением радиационного контроля пробу измельчали на щековой дробилке до величины зерен 3-5 мм и отбирали для измерения 5 навесок объемом 1 литр. Как правило все навески составляли 1,7-1,75 кг. Навеску помещали в сосуд Маринелли, который герметически закрывали и выдерживали две недели.

Для исследованного материала дробление его в принципе, могло и не проводиться. Так проведенные нами измерения отдельно мелкой песчаной фракции ( $d < 0,5-1$  мм), мелкого гравия ( $d = 1-5$  мм) и дробленых кусков крупного гравия ( $d = 5-7$  мм) показали, что удельные активности измеряемых нуклидов в пределах погрешности метода одинаковы для всех фракций. Значительных различий свидетельствующих о селективном концентрировании отдельных радионуклидов в какой либо из указанных фракций ПГС не наблюдалось.

Измерение радиоактивности естественных радионуклидов проводили на специализированной образцовой радиометрической установке РОУС-II-4 на базе полупроводникового детектора ДГДК-60В. Установка обеспечивала измерение объемных источников гамма-излучения (геометрия измерения сосуд "Маринелли" объемом 1 литр) в диапазоне 100-100000 Бк с погрешностью 20-7% при доверительной вероятности 0,95 и времени измерения не более 6 часов. В качестве образцов сравнения использовались метрологически аттестованные объемные гамма-источники ("Маринелли", 1л) на основе Th-232, Ra-226, K-40. Измерение удельной активности Ra-226, Th-232 и K-40 проводили в соответствии с методикой проведения измерений на РОУС -II-4 (Правила хранения и применения).

Определение активности Ra-226 проводили по фотопикам 351,92 кэв (Pb-214) и 609,32 кэв (Bi-214) дочерних нуклидов, активность которых в условиях радиоактивного равновесия равна активности Ra-226. Активность Th-232 определяли по фотопикам 338,3 кэв и 911,2 кэв радионуклида Ac-228 в предположении имеющегося в пробе радиоактивного равновесия в ряду тория, что обычно соблюдается в природных материалах.

Поскольку объемные эталонные источники гамма-излучения и измеряемая проба имеют различные плотности (Ra-226 - 1,2 г/см<sup>3</sup>; Th-232 - 1,5 г/см<sup>3</sup>; K-40 - 1,24 г/см<sup>3</sup>; ПГС примерно 1,7 г/см<sup>3</sup>), то были экспериментально определены значения поправок на самопоглощений. Они составляли для фотопиков 388,3 кэв и 351,92 кэв - 1,3; 609,32 кэв - 1,25; 911,2 кэв - 1,2; 1460,5 кэв - 1,1 в пробе по отношению к измерению пробы воды. Аттестованные значения поправок на самопоглощения для объема объемных мер составляли: для Ra-226 E = 351,92 - 1,022; E = 609,32 - 1,017; Th-232 E = 338,32 - 1,081; E = 911,205 - 1,039. Погрешность поправок в интервале энергий от 100 до 300 кэв составляет 3% в интервале от 300 кэв до 3 Мэв - 2%.

Некоторые результаты определения удельной активности ЕРН в некоторых пробах песчано-гравийной смеси отобранных на Айдаковском месторождении представлены в таб. 1.

Таблица 1

Номер пробы	Число измерений	Средняя удельная активность Бк/кг			Аэфф. Бк/кг	Абсолютная погрешность измерения, Бк/кг	Удельная эффективная актив. материала, Бк/кг
		Ra	Th	K			
1	5	16.9	13.4	157,3	47,86	6,89	54.75
7	5	14.3	14.3	158,5	46,68	4,75	51.43
11	5	14.8	11.3	146,3	42,14	2,67	44.81
13	5	18.9	14.4	173,9	52,55	6,48	59.03
16	5	13.9	12.8	154,9	43,98	2,63	46.61

Средняя удельная эффективная активность по 18 измеренным пробам составила 47,32 Бк/кг, при погрешности определения 5,24 Бк/кг при P=0,95.

Здесь удельную эффективную активность ЕРН (Аэфф) определяли по формуле:

$$A_{эфф} = A + 1,131A + 0,085A,$$

где A<sub>ра</sub>, A<sub>т</sub>, A<sub>к</sub> - удельные активности радия, тория и калия, определяемые по пяти навескам как среднее арифметическое значение. Абсолютную погрешность A<sub>эфф</sub> вычисляли по известным выражениям математической статистики.

Строительные материалы имеющие удельную эффективную активность менее 300 Бк/кг могут быть использованы во всех видах строительства без



ограничения. Поскольку Аэфф ПГС в несколько раз (6-7) ниже этого значения, то естественно материал Айдаковского месторождения можно рекомендовать в первую очередь для жилищного строительства, использования в композициях с другими более активными материалами для разбавителя.

## **РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РУДНЫХ МИНЕРАЛАХ ЦИРКОН-ИЛЬМЕНитОВЫХ РОССЫПЕЙ.**

### **RADIOACTIVE ELEMENTS AT THE ORE MINERALS OF THE ZIRCON-ILMENITE FOSSIL PLACER.**

Кропанин С.С.

Томский политехнический университет, 634004, Россия, Томск, пр.Ленина,30,  
тел. 418910.

По юго-западной, южной и юго-восточной периферии Западно-Сибирской плиты, а также в ряде ее внутренних районов в пределах структурных поднятий палеозойского фундамента встречаются отложения с повышенным содержанием циркона и ильменита. В областях, где имела место благоприятная палеогеографическая обстановка, образовывались промышленные циркон-ильменитовые россыпи. Они приурочены к прибрежно-морским отложениям палеогенового возраста, которые залегают либо непосредственно на породах палеозойского фундамента, либо на меловых отложениях. Сверху перекрываются палеогеновыми или четвертичными отложениями, а в некоторых случаях выходят на дневную поверхность.

Продуктивные пласты состоят из легкой фракции, в которую входит преимущественно кварц, слабосцементированный глинистыми минералами, которые составляют до 20% от общей массы, и тяжелой фракции. Основными рудными минералами тяжелой фракции являются: ильменит, циркон, лейкоксен, монацит, редко рутил. Остальные минералы с повышенным удельным весом встречаются в незначительных количествах.

Радиометрической съемкой областей выхода продуктивных пластов на дневную поверхность были установлены повышенные концентрации радиоактивных элементов, а показания общей радиоактивности по разведочным скважинам в пределах продуктивных пластов составляют от 30 до 150 мкр/ч.. С целью установления концентраций радиоактивных элементов и определения природы радиоактивности рудные минералы циркон-ильменитовых россыпей были проанализированы методом нейтронной активации.

Уровни накопления урана и тория в тяжелой фракции различных циркон-ильменитовых россыпей наглядно показано на рисунке 1, из которого видно, что она содержит весьма высокие концентрации радиоактивных элементов. Так концентрация тория на Туганском месторождении (среднее по всем участкам россыпи) составляет 950 г/т, а по отдельным пробам достигает 6000 г/т. Торий/урановое отношение колеблется в пределах от 3,1 до 8,7, что свидетельствует о значительном преобладании тория над ураном. Соответственно, повышенная радиоактивность связанная с продуктивными пластами циркон-ильменитовых россыпей, в целом, имеет ториевую природу.

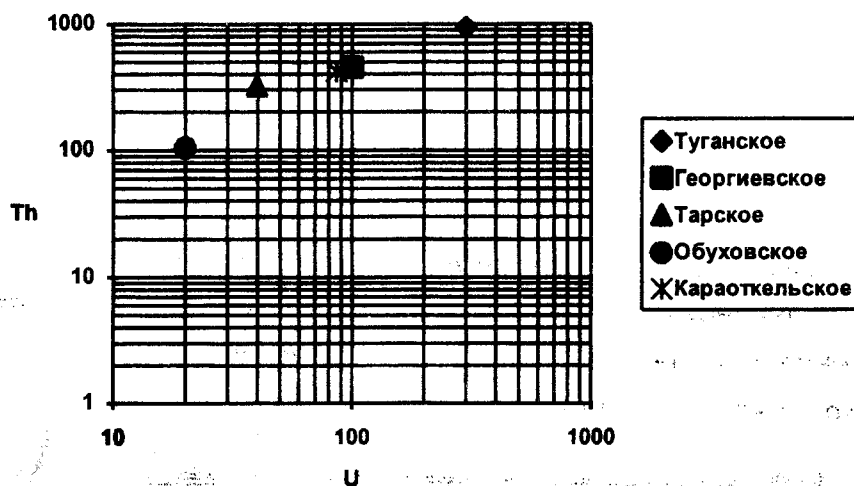


Рис.1. Содержание тория и урана (г/т) в тяжелой фракции различных циркон-ильменитовых месторождениях.

На рисунке 2 показаны уровни накопления радиоактивных элементов в титановых минералах россыпных месторождений. Обращает на себя внимание тот факт, что в ильмените и лейкоксене преобладает торий ( $Th/U$ , среднее по россыпям находится в пределах 1-3), а в рутиле - уран ( $Th/U$  - менее 1).

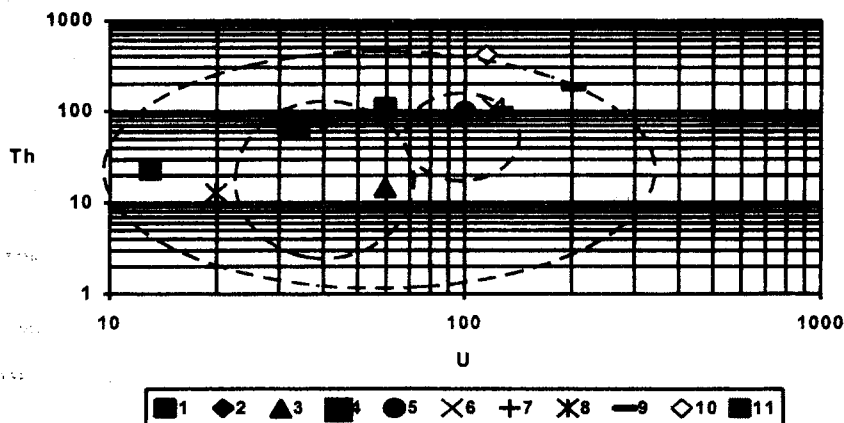


Рис.2. Содержание тория и урана (г/т) в титановых минералах различных циркон-ильменитовых россыпей.

Ильменит: 1 - Георгиевское, 2 - Тарское, 3 - Обуховское, 4 - Караоткельское;  
 Лейкоксен: 5 - Туганское, 6 - Тарское, 7 - Караоткельское;  
 Рутил: 8 - Георгиевское, 9 - Тарское, 10 - Обуховское, 11 - Караоткельское.



Проведенные исследования показали, что в процессе лейкоксенизации ильменита происходит накопление радиоактивных элементов. Так на рисунке 3 показаны линии регрессии содержания тория и урана от содержания железа, как показатель степени изменения ильменита и перехода в новую минеральную фазу.

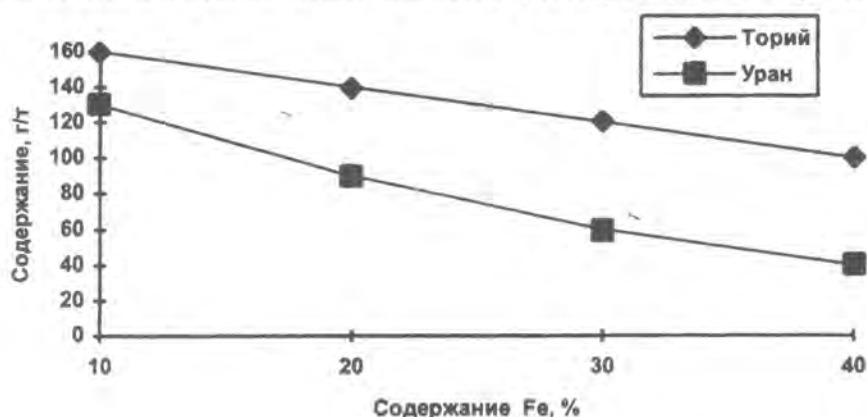


Рис.3. График регрессий содержания тория и урана от содержания железа.

Вторым по значению минералом, описываемых объектов, является циркон. Уровни накопления радиоактивных элементов показаны на рисунке 4, где также представлены концентрации тория и урана в монаците.

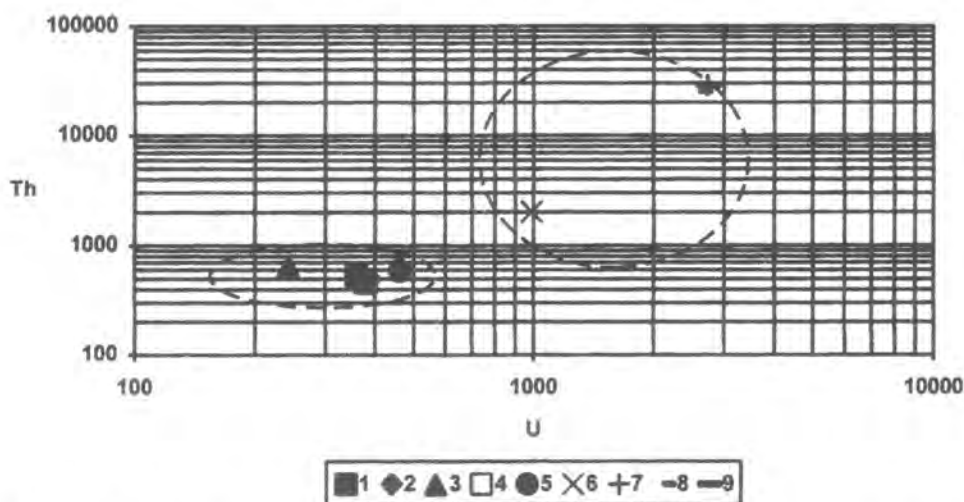


Рис.4. Содержание тория и урана (г/т) в цирконе и монаците различных циркон-ильменитовых месторождениях.

Циркон: 1 - Туганское, 2 - Георгиевское, 3 - Обуховское, 4 - Тарское, 5 - Караоткельское;  
Монацит: 6 - Туганское, 7 - Георгиевское, 8 - Тарское, 9 - Караоткельское.

Торий - урановое отношение в цирконе, как правило, колеблется в пределах от 1 до 3, а в монаците около 10, что свидетельствует о ториевой природе радиоактивности последнего.

Таким образом, высокие концентрации тория в монаците отражаются на повышенном содержании данного элемента в коллективном концентрате тяжелой фракции (см.рис. 1). На уровни накопления урана влияют все рудные минералы.

***РАДИОЭКОЛОГИЯ, ОБЩИЕ ВОПРОСЫ,  
ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИЙ***

# СИСТЕМАТИЗАЦИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТАКСОНОВ И ИХ ТИПИЗАЦИИ. A SISTEM OF RADIOECOLOGICAL TAXONS AND THEIS MODELES

Кочкин Г.Б.

ВСЕГЕИ, Россия, г. С.-Петербург

1. Конечной целью любых экологических исследований является районирование изучаемых территорий и типизация их по степени экологической напряженности или опасности. В развитие идей В.И. Вернадского о взаимосвязи всех оболочек Земли, в том числе литосферы, атмосферы и ноосферы, следует подчеркнуть, что современное радиозэкологическое состояние каждого блока земной коры является результатом взаимодействия, с одной стороны, первичных или природно-структурных факторов распределения и миграции радиоактивных элементов в породах, горных породах и почвах, и, с другой стороны, вторичных или антропогенно-техногенных процессов, связанных с деятельностью человека и общим развитием цивилизации.

Проблемам изучения и оценки радиационного состояния окружающей среды в связи с техногенезом (использование атомной энергии, последствия испытания ядерного оружия, добыча и переработка уранового сырья и др.) в настоящее время уделяется большое внимание. При этом, однако, роль природных факторов в формировании радиозэкологического облика территорий рассматривается в меньшей мере. Радиозэкологические особенности, вызванные техногенными причинами, как правило, выявляются и картируются прямыми количественными методами. Их отражение на итоговых картах происходит также с использованием количественных параметров.

На этом фоне совокупность природных факторов, влияющих на радиозэкологическое состояние, устанавливается и изучается обычно на качественном уровне для региона, исходя из его индивидуальных особенностей. К последним, прежде всего, относятся геохимическая специализация коренных пород и почв, наличие фоновых концентраций и условия миграции естественных радиоактивных элементов (ЕРЗ), в частности, определяющих повышенные концентрации радона, радона в почво-грунтовом горизонте, условия их миграции, типы месторождений ЕРЗ, что влияет на возможность их открытой разработки, применение методов подземного выщелачивания и др.

В значительной мере главные из указанных особенностей, определяющих радиозэкологическое состояние регионов, выявляется и систематизируются в ходе геохроно-металлогенических исследований, которые проводятся в различных масштабах по всей территории России и других стран. В соответствии с принципами и требованиями, предъявляемыми к систематике естественных объектов и процес-

сов (объективность, соподчиненность выделяемых таксонов и их внутренняя упорядоченность, практическая направленность и др.) в таблице показано соответствие наиболее часто используемых металлогенических и радиоэкологических таксонов в увязке с детальностью проводимых экологических работ.

2. Для отражения роли двух рассматриваемых факторов по аналогии с широко известной формулой Курлова можно использовать своеобразную радиоэкологическую формулу для характеристики выделяемых таксонов (или изучаемых территорий). Она имеет вид дроби, знаменатель которой характеризуют первичные, а числитель - вторичные радиоэкологические особенности. В конце дроби при наличии всех необходимых данных приводится итоговый индекс радиоэкологической напряженности - И, согласно действующим методическим указаниям. В общем виде формула имеет вид:

$$\frac{C_{sn} * S_{rn} * P_{tn} * R_{un} * T_n}{U_n * Th_n * R_n} * \frac{M_n}{AC, ПЯ, НЯ, РМ} * K_n * И$$

В знаменателе основной дроби цифры вместо индексов "n" у символов элементов (U, Th, Rn и др.) характеризуют величины рассеянных содержаний ЕРЗ в горных породах по отношению к кларку. Индекс M<sub>n</sub> показывает наличие уранового (или других видов радиоактивного) оруденения: при этом вместо "n" приводится номер соответствующего типа оруденения по классификации МАГАТЭ.

Сходным образом в числителе приводятся данные о техногенных радионуклидах, установленных в границах таксона. Вместо "n" указывается диапазон величин их объемной активности. Индекс T<sub>n</sub> показывает наличие техногенной зараженности, где вместо "n" приводится число видов зараженности. Последние раскрываются буквенными символами: АС-атомные станции, ПЯ-подземные (НЯ-наземные) ядерные испытания, РМ-разработка радиоактивного сырья и т.д. В знаменателе дроби указываются: РВ-радиоактивные природные воды, РГ-радиоактивные грязи, ВВ-вертикальный водообмен разноуровневных и разноминерализованных, в т.ч. по урану и радону, вод и т.д. Таким же образом могут показываться и другие особенности региона, индексированные в соответствующих символах. Предпоследний индекс K<sub>n</sub> показывает значение коэффициента вертикальной миграции урана в почвах, что является дополнительным показателем радиоэкологической обстановки.

Рассмотренная формула наглядно и количественно показывает радиоэкологический облик каждого из выделяемых таксонов, подчеркивая соотношение "первичных" и "вторичных" радионуклидов.

Дальнейшая разработка и использование предлагаемой систематики и типизации радиозокологических таксонов особенно необходимы в связи с компьютеризацией материалов радиозокологических исследований, созданием банков данных и внедрением человеко-машинных технологий их обработки.

Таблица

### РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТАКСОНЫ

(их соотношение с металлогеническими таксонами и детальностью составляемых карт)

Детальность исследований и масштабы составляемых карт	Металлогенические таксоны	Площади таксонов (кв. км)	Радиозокологические таксоны (линейные и изометрические)	Примеры
<b>Обзорные</b> немасштабные - 1:5 000 000 и мельче)	Металлогенические пояса и провинции	$10^4 - 10^5$	Радиозокологические пояса провинции	Монголо-Чукотский, Ергени - Мангышлакский, Чернобыльская, Марроканская
<b>Региональные</b> среднемасштабные (1:2 500 000 - 1:500 000)	Структурно металлогенические (по урану) зоны и области	$10^3 - 10^4$	— — зоны	Хибинская, Ачитканская, Семипалатинская, Новоземельская
<b>Районные</b> 1:500 000 - 1:100 000)	Рудные (урановорудные) районы	$10^2 - 10^3$	— — следы очаги	Восточно - Уральский, Томский, Кавминводский, Краснокаменский
<b>Локальные</b> крупномасштабные (1:50 000 и крупнее)	Рудные (урановорудные) поля и месторождения	$1 - 10^2$	— — полосы пятна	Таракская, Маарду - Мгинская, Паломареское, Чаганское

Данная работа подготовлена при поддержке РФФИ.

### КАРТА РАДИАЦИОННЫХ ДОЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

#### MAP OF RUSSIA SHOWING RODIATION DOSES

Высокоостровская Е.Б., Краснов А.И., Смыслов А.А.

ВИРГ-Рудгеофизика, ЛГИ им. А.А. Плеханова, Россия, г. С.-Петербург

В 1995 г. в ВИРГ-Рудгеофизика по материалам аэрогамма-спектрометрических съемок 1964 - 1993 гг. создан комплект карт масштабов 1:2 500 000, 1:5 000 000, 1:10 000 000. Комплект включает карты содержания урана-238 (10 %), тория-232 (10 %), калия-40 (%) и мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения (мкЗв/год). Карта МЭД естественного гамма-излучения учитывает радиацию поверхностных образований земной коры и космического излучения и создана расчетным путем.

Мощность дозы гамма-излучения горных пород и почв различных ландшафтных зон России отличается на порядок (150-2070 мкЗв/год). Расчетная сред-

ная мощность дозы естественного гамма-излучения горных пород России близка к 535 мкЗв/год. При средней высоте проживания в России 430 м доза космического излучения для средних широт составляет 323-333 мкЗв/год.

Общей особенностью пространственного распределения радиационных доз естественного гамма-излучения является увеличение их интенсивности к южной и восточной окраинам и понижение значений к северной и центральной части территории России. Такое циркумзональное строение естественного дозового поля России находит объяснение в ландшафтном и геологическом строении земной коры этой части континента.

По величине дозы природного гамма-излучения на территории России выделяются зоны: пониженной (до 600 мкЗв/год), умеренной (600-900 мкЗв/год), повышенной (900-1250 мкЗв/год) и высокой (более 1250 мкЗв/год) природной радиации. Зона пониженной радиации располагается в равнинной части севера России (абсолютная высота до 200 м), охватывая тундровую и таежные ландшафты Русской платформы, центральной части Западно-Сибирской плиты и север Сибирской платформы. Низкие значения радиационной дозы обусловлены пониженными содержаниями ЕРЭ в осадочном чехле, метаморфических и магматических породах основного, среднего состава и почвах (глеевые, болотно-подзолистые, болотные). Космическая составляющая дозы не превышает 300 мкЗв/год).

Зоны умеренной радиации охватывает лесостепные ландшафты Восточно-Европейской равнины, включая южную часть Русской платформы и Урал. В Азиатской части она сопряжена с таежными ландшафтами северной части Алтае-Саянской области и юго-восточной окраиной Сибирской платформы. Фоновое значение дозы природного гамма-излучения объясняется широким развитием осадочных и магматических формаций с кларковыми концентрациями ЕРЭ, распространением дерново-подзолистых, подзолистых и мерзлотно-подзолистых почв, мощность дозы которых превышает 600 мкЗв/год. Космическая составляющая дозы составляет 310-340 мкЗв/год, так как средние абсолютные высоты не превышают 300-500 м. В зоне умеренной радиации проживает около 70% народонаселения России.

Зоны повышенной природной радиации сопряжены со степными ландшафтами Предкавказья и горно-таежными ландшафтами обширных территорий Восточного Забайкалья и Дальнего Востока. Преобладающими высотами здесь являются 1000-1400 м и выше, что создает дозу космического излучения более 400 мкЗв/год. В пределах зоны широко распространены кислые магматические породы с повышенными содержаниями ЕРЭ. Среди почв преобладают лугово-черноземные, каштановые (степная зона), дерново-подзолистые и подзолистые (горно-таежная зона), мощность дозы которых достигает 800-900 мкЗв/год. Относительно повышен-



Значения мощности дозы гамма-излучения по АГС данным установлены и в Кавказе (1100-1250 мкЗв/год). Это, по-видимому, связано с широким развитием в регионе битуминозных повышенно-радиоактивных мезозойских отложений и прогиба и радиогеохимически специализированных по урану пород.

Территории с высокими дозовыми нагрузками занимают не более 1.4 % площади России и не образуют единой зоны. Как правило, это горные и высокогорные районы южной, юго-восточной и восточной окраин России. Эти территории располагаются на Кавказе, в Горном Алтае, хребтах Аkitкан, Становом, Сунтар-Акта, Патомском, Алданском, Анабарском нагорьях, Витимском плато и Кольском полуострове. Повышенная доза радиации определяется коренными выходами магматических пород ультракислого, щелочного составов и ультраметаморфические формациями. Заметный вклад в этих районах в интенсивность радиации вносят также дозовые нагрузки космического излучения, так как абсолютные высоты достигают 1500-2000 м. и выше.

Локальные точки со значениями годовых радиационных доз естественного гамма-излучения более 3-5 10 Зв/год часто совпадают с участками выходов на дневную поверхность коренных аномально радиоактивных горных пород и ореолов рассеяния вблизи месторождений радиоактивных руд.

Карта радиационных доз естественного гамма-излучения может быть использована для решения разнообразных научных и прикладных задач народного хозяйства России и в радиационной медицине. В научном отношении интересным представляется вопрос ее использования для изучения геронтологических особенностей народонаселения различных регионов России. С ее помощью возможно зонирование территории России по радиозэкологическому риску для проживания населения. Особый интерес приведенные данные представляют в связи с проблемой радиационного мониторинга окружающей среды и выбора районов строительства радиозэкологически безопасных населенных пунктов.

# ТЯЖЕЛЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ КАК ИНДИКАТОРЫ МИГРАЦИИ В ПРИРОДНОЙ И АНТРОПОГЕННОЙ СРЕДЕ

## HEAVY NATURAL RADIONUCLIDES AS INDICATORS OF MIGRATION IN NATURAL OR ANTROPOGENIC ENVIRONMENT

Титаева Н.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
119899, Россия, г. Москва, Ленинские горы

Проблема радиоактивных элементов в среде обитания человека связана не только с их концентрацией и распределением, но и с особенностями миграции. Это в полной мере относится и к тяжелым естественным радионуклидам, повышенные концентрации которых в среде обитания человека имеют в настоящее время чаще техногенное происхождение. Техногенные концентрации естественных радионуклидов имеют свои особенности: достаточно обширные площади загрязнения, большие объемы загрязняющих отходов, присутствие наряду с радионуклидами других загрязняющих ингредиентов, также способных негативно воздействовать на среду. Поэтому оценка подвижности отдельных естественных радионуклидов, характеризующихся своими индивидуальными геохимическими особенностями, в том числе и миграционной способностью, по-прежнему является важной проблемой. При изучении миграции естественных радионуклидов явно недостаточно оперировать концентрациями естественных радиоактивных элементов (U, Th, Ra). Необходимо исследовать и их изотопный состав не только для оценки истинной дозы излучения но и для использования неравновесного изотопного метода в качестве индикатора миграции этих элементов, которые благодаря большим периодам полураспада создают практически вечные радиоактивные аномалии. В данном сообщении мы остановимся на некоторых конкретных примерах использования этого метода. В качестве трассеров миграции наиболее удобно использовать изотопные отношения:  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ , а в ряде случаев - и радионуклидные отношения, например,  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  и др. Как правило, разделение радионуклидов происходит на границе двух фаз, например, твердой и жидкой. При этом жидкая фаза обогащается более подвижными дочерними изотопами ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ), а в сопряженной твердой фазе наблюдается, соответственно, их дефицит. В результате чего радиоактивное равновесие в исследуемой системе будет нарушено. При этом изотопные отношения в воде будут больше 1 (равновесного значения), а в твердой фазе - меньше 1. Нарушенное радиоактивное равновесие таким образом, будет указывать на существование миграции урана и тория в данных условиях. В случае радионуклидных отношений на подвижность, обуслов-



ную радиоактивным распадом, будут накладываться химические особенности радионуклидов и физико-химические условия среды.

### Радионуклидное загрязнение почв пластовыми водами нефтяного месторождения

Повышенная радиоактивность пластовых вод углеводородных месторождений хорошо известна. Попадая на земную поверхность в процессе разведки или эксплуатации подобных месторождений, пластовые воды приводят к загрязнению почв и повышению их радиоактивности. Так, исследования в районе Ухтинского месторождения нефти, выполненные нами совместно с сотрудниками Академии наук республики Коми, показали, что на участках, загрязненных пластовыми водами, гамма-активность на поверхности почв более чем в 100 раз превышала местный фон. Фоновые отношения активностей радионуклидов в почвах составляли:  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U} = 0,85-1,2$ ;  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} = 1,4-2,0$ ;  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th} = 0,71-1,04$ ;  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 1,32-1,23$ . В целом распределение радиоактивных элементов в почвах было достаточно однородно и не выходило за пределы указанных интервалов. На загрязненных участках концентрации урана и тория не отличались от фоновых. В то же время концентрации радионуклидов и продуктов их распада были резко повышены, а распределение отличалось крайней гетерогенностью. Отношения активностей радионуклидов достигали:  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U} - 1908$ ;  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} - 2650$ ;  $^{228}\text{Ra}/^{228}\text{Th} - 370$ ;  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th} - 58$ ;  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = (0,52-2,39)$ ;  $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Th} = (0,13-1,00)$ . При этом концентрация продуктов распада тория в пластовых водах была существенно выше, чем в почвах, где они к моменту исследования уже успели распасться. Распределение радионуклидов по почвенным профилям также было резко неоднородным. Основная сорбционная зона для изотопов радия, поступивших с пластовыми водами ( $^{226}\text{Ra}$  и  $^{228}\text{Ra}$ ), находилась в интервале 0-25 см. Ниже концентрация резко падала и на глубине 25-40 см превышала фон всего в 2-3 раза. Доля прочно связанного радия в загрязненных горизонтах превышала 80%.  $^{230}\text{Th}$  и  $^{238}\text{Th}$ , также поступившие в составе пластовых вод, в данных условиях оказались закреплены менее прочно и проникали на большую глубину. В дерново-подзолистых почвах активность  $^{230}\text{Th}$  по всему профилю в 8,7-13,4 раза превышала равновесные с  $^{238}\text{U}$  значения. Причина аномального поведения радия в условиях загрязнения почв Сl-Са рассолами исследовалась нами экспериментально. Было показано, что обработка гумуссодержащих почв Сl-Са растворами весьма прочно фиксирует сорбированный на них радий. Его подвижность снижается при этом в несколько десятков раз, видимо, за счет образования слаборастворимых гуматов Са и известного в почвоведении "слипания" органических и минеральных коллоидов

в достаточно прочные агрегаты. В то же время более короткоживущие изотопы радия и тория, накопившиеся в почве уже после загрязнения в виде атомов отдачи, вели себя в соответствии со своими геохимическими особенностями, где изотопы радия более подвижны, чем изотопы тория. В целом характер распределения радионуклидов по почвенным профилям был сходен с хроматограммами, полученными на этих же почвах экспериментально.

### **Радионуклидное загрязнение почв и поверхностных вод отходами горно-перерабатывающей и горнодобывающей промышленности**

Наиболее важной экологической и геохимической проблемой является миграция радионуклидов из мест захоронения или складирования отходов, особенно в тех случаях, когда работа предприятия закончена и отходы находятся в неконтролируемых условиях. Для гумидной климатической зоны характерно химическое выветривание отходов и вынос радионуклидов метеорными водами, фильтрующимися через толщу отходов. При этом резко меняется состав вод, которые в процессе фильтрации обогащаются многими относительно растворимыми компонентами, содержащимися в составе отходов. В зависимости от технологической схемы переработки руд, в грунтовых водах во много раз может возрасти концентрация ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{5-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и др. В результате резко возрастает химическая агрессивность фильтрующихся метеорных вод, извлекающих из отходов многие вредные компоненты, в том числе и радионуклиды. Для определения выноса радионуклидов за пределы хвостохранилища на начальной стадии этого процесса хорошие результаты дает неравновесный изотопный метод. Фоновые значения отношения активности  $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ , являющегося индикатором миграции урана, в поверхностных и грунтовых водах, как правило,  $>1$ . Типичное значение этой величины в урановых рудах и рудных остатках близко к 1. Растворение урановых рудных отходов и вынос урана за пределы хвостохранилища фиксируется по снижению величины этого отношения в водах. Препятствием для дальнейшего перемещения урана являются восстановительные барьеры, например, заболачивание почв. В то же время восстановительные условия не препятствуют водной миграции  $^{230}\text{Th}$ . Его вынос будет достаточно интенсивным в присутствии сульфат-иона при пониженных значениях pH, при наличии растворимых в воде органических кислот. Индикатором миграции  $^{230}\text{Th}$  может служить отношение активностей  $^{230}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$ , которое в фоновых почвах обычно не более 1,0, а в загрязненных - резко превышает это значение. Для торийсодержащих рудных отходов подобным геохимическим трассером будет изотопное отношение  $^{228}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$ . Это же отношение является чувствительным индикатором выщелачивания отходов

любого состава кислыми грунтовыми водами, сформировавшимися при взаимодействии вод метеорного происхождения с "хвостами". В таких водах отношение может достигать величины 0,1-0,3 при фоновых значениях 0,8-1,0. На границе отхо-  
д-подстилающие почвы создается высокий градиент концентраций, способствующий интенсивному перемещению в незагрязненные почвы, прежде всего, продуктов распада долгоживущих радионуклидов. При этом подошва отходов резко обедняется дочерними радионуклидами. Так, в подошве урановых рудных отходов было обнаружено отношение  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 0,05$ .

Таким образом, особенности миграции в ландшафте техногенных изотопов цезия, тория и радия отличаются от миграции тех же радионуклидов природного происхождения. Одной из причин различия являются формы соединений, в которых загрязняющие радионуклиды поступают на поверхность почв, и которые могут существенно отличаться от природных. Другой важной причиной, обуславливающей своеобразие их поведение являются макрокомпоненты, поступающие в составе загрязнения и изменяющие физико-химические условия среды.

## **ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРИТИЯ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ И ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

THE STUDY OF WATER AND ATMOSPHERIC TRITIUM IN THE REGIONS OF NUCLEAR POWER STATIONS AND NUCLEAR FACILITIES LOCATION.

Носов А.В., Иванов А.Б., Дельвин Н.Н.,

Государственный институт прикладной экологии, Россия, г. Москва,

тел. (095) 422-29-22, факс 7-095-88-382-91,

E-mail ROOT@PECOS.ISKRA.MSK.SU

Тритий (Т) по ряду причин занимает особое место в вопросах обеспечения радиационной безопасности АЭС и радиохимических предприятий по переработке отработавшего ядерного топлива (РХЗ). Во-первых, содержание Т в жидких сбросах при нормальной работе АЭС намного превосходит по абсолютному значению содержание всех остальных нуклидов, а в газообразных выбросах в окружающую среду количество Т уступает только количеству радиоактивных благородных газов (РБГ). Во-вторых, в отличие от химически инертных РБГ, инкорпорированный Т эффективно включается в состав биологической ткани, вызывая мутагенные нарушения, как за счет  $\beta$ -излучения средней энергии 5,8 Кэв, так и за счет нарушения молекулярных связей, вызванных заменой изотопа водорода нейтральным ге-

лием, образовавшимся в результате распада трития [3]. В-третьих, Т обладает большим периодом полураспада (12.6 лет) и в следствие этого является глобальным загрязнителем природных комплексов земли [7].

Образовавшийся на АЭС тритий, в отличие от других радионуклидов, поступает в окружающую среду, минуя очистные барьеры, с жидкими стоками в виде тритиевой воды и с газовыми выбросами.

В данной работе на основании многолетних экспериментальных исследований, выполненных нами за период с 1987 по 1995 гг., приведена оценка содержания трития в водных объектах и приземной атмосфере в районе расположения Калининской АЭС, а также сделана попытка обосновать необходимость проведения систематических наблюдений за загрязнением объектов окружающей среды этим нуклидом в районах расположения АЭС и РХЗ.

Для изучения влияния действующей АЭС на загрязнение тритием водных объектов и приземной атмосферы была выбрана Калининская АЭС (КаАЭС). В эксплуатации КаАЭС находятся два блока с реакторами ВВЭР - 1000, введенные в действие в 1984 и 1986 гг., соответственно. Идет строительство третьего блока. Основным источником загрязнения тритием окружающей среды в районе расположения КаАЭС являются жидкие сбросы, которые поступают в озера Песьво и Удомля, используемые станцией в качестве водоемов-охладителей, а также газоаэрозольные выбросы через высотную вытяжную трубу.

Содержание Т в воздухе определялось отдельно для газообразного состояния и паров тритиевой воды с помощью установки "Туман" [1]. Объем прокачиваемой пробы воздуха составлял не менее  $2 \text{ м}^3$ . Для определения содержания Т в связанной форме (парах тритиевой воды) использовался метод "вымораживания" [4]. Измерения выполнялись в аккредитованной Госстандартом России лаборатории с использованием жидкосцинтилляционного бета-счетчика LKB 1220 "Qvantulus". Предел чувствительности измерений содержания Т в воде составлял не менее  $1.0 \cdot 10^{-11}$  Ки/л, а в воздухе  $0,1 \cdot 10^{-15}$  Ки/л. Погрешность измерений концентрации Т в воде не превышала 30%, в воздухе - 50%.

Суммарная площадь зеркала озер-охладителей составляет около  $20 \text{ км}^2$  объем воды 156 млн. куб.м. Суммарный водообмен в озерах с учетом стока вытекающей р. Съежи, фильтрации и испарения составляет примерно 100 млн куб.м/год. За период исследований с 1987 по 1995 гг. средняя концентрация Т в воде озер охладителей изменялась в пределах от 3,8 до 5,2 нКи/л, имея тенденцию к увеличению. Максимальная концентрация была отмечена в марте 1994 г. и составляла 7,1 нКи/л. Фоновая концентрация Т в воде озер Удомельского района составляет 0,1-0,2 нКи/л. Таким образом, за счет сбросов КаАЭС содержание Т в о. Песьво и Удомля превышает фоновые уровни этого нуклида примерно в 20-50 раз в зави-



ности от водности озер и источника поступления. Среднегодовой вынос Т из озер стоками р. Съежа оценивается в 300 Ки/год. Прогноз, выполненный на основе [6], указывает, что при пуске третьего блока КаАЭС максимальная концентрация Т в воде озёр может достигнуть 10 нКи/л, а при неблагоприятных гидрометеорологических условиях в маловодный год величины 12 нКи/л.

В воде большинства сельских источников питьевого водоснабжения содержание Т в воде находилось на уровне меньшем, чем предел чувствительности метода измерений. Исключение составили пять колодцев, расположенных в береговой зоне озера Песьво, концентрация Т в которых находилась в диапазоне от  $7,0 \cdot 10^{-10}$  до  $5,3 \cdot 10^{-10}$  Ки/л. Появление Т в колодцах, по-видимому, связано с загрязнением водоносных пластов в береговой зоне озер Удомли и Песьво. Одной из задач исследований являлось определение концентрации Т в воде малых прудов и водообразований, используемых для водопоя скота. Наибольшее содержание трития - от 0,3 до 2,0 нКи/л отмечено в воде прудов, расположенных в непосредственной близости от оз. Песьво и Удомля. На удалении 10-20 км от озер концентрация трития снижалась до фоновой и не превышала  $(1-2) \cdot 10^{-10}$  Ки/л.

В штатном режиме работ КаАЭС при коэффициенте используемой мощности 0,7 годовой газоаэрозольный выброс Т в атмосферу составляет примерно 300 Ки/год [2]. Среднегодовое поступление Т в атмосферу за счет испарения с поверхности оз. Песьво и Удомля нами оценивается величиной 150 Ки/год. Таким образом, суммарное поступление Т в атмосферу составляет примерно 450 Ки/год.

В период исследований концентрация Т в воздухе не превышала  $3,4 \cdot 10^{-15}$  Ки/л. Более 80% суммарного Т в пробах воздуха находилось в связанной форме в виде паров тритиевой воды. Максимальные концентрации Т в воздухе отмечались летом вблизи озёр-охладителей со стороны наветренного берега.

Для оценки влияния сбросов Т в о. Песьво и Удомлю были рассчитаны дозовые нагрузки на население. При расчёте суммарной дозы предполагалось, что в воде озёр присутствуют только три нуклида:  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$  и Т, для которых критическим органом является всё тело [5].

Концентрация  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в воде озёр при работе в штатном режиме и при пуске третьего блока считались неизменными и равными средне-измеренным  $1 \cdot 10^{-13}$  и  $4 \cdot 10^{-13}$  Ки/л, соответственно. Расчёты показали, что суммарная доза, создаваемая тремя нуклидами, в настоящее время составляет 3 мбэр/год (0,03 мЗв/год), при вкладе Т 30%. При расширении КаАЭС до 3-х блоков доза облучения приблизится к 4 мбэр/год и вклад Т составит не менее 50%. В этом случае, по нашему мнению, потребуются систематические наблюдения за содержанием Т в воде озёр и р. Съежи, так как любое повышение активности Т в сбросных водах будет приводить к превышению установленных СП АЭС [8] дозовых пределов (5 мбэр/год).

Еще более значительными источниками загрязнения окружающей среды Т по сравнению с АЭС являются РХЗ. Выброс Т в окружающую среду современного РХЗ мощностью 1500 т урана в год составляет 0.7 млн. Ки/год [2], что в сотни раз больше, чем АЭС. В работе [9] показано, что на расстоянии до 2 км от места выброса в атмосферу гипотетического РХЗ мощностью 1500 Т/год концентрация Т в атмосферной влаге может достигать  $(1-6) \cdot 10^{-7}$  Ки/л в зависимости от высоты трубы. Учитывая, что в среднем в воздухе находится около  $10 \text{ г/м}^3$  паров воды концентрация Т в атмосфере составит  $(1-6) \cdot 10^{-12}$  Ки/л (ДКБ= $3 \cdot 10^{-10}$  Ки/л). При этом максимальная эффективная эквивалентная доза от Т в направлении преобладающего ветра может находиться в пределах от 7 до 40 мбэр/год, а удельная коллективная доза составит 0,017 чел.бэр на каждые Ки выброшенного нуклида.

АЭС с реакторами ВВЭР и РХЗ являются серьезными источниками локального и регионального загрязнения Т окружающей среды. При проектировании и эксплуатации таких объектов необходимо предусматривать проведение систематического контроля за содержанием трития в воде, приземной атмосфере и биологических объектах окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.Б., Набоков А.И., Шушарина Н.М. Измерение концентрации трития в химических формах НТ и НТО в атмосфере. В сб.: "Естественные и искусственные радионуклиды в атмосфере". Труды ИПГ, - М.: Гидрометеоиздат, 1991. Вып.7.
2. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Королев В.Г., Иванов Е.А. Генетические эффекты распада инкорпорированного трития / Экологические аспекты исследований водоемов-охладителей АЭС - М.: 1983.-С. 145-150.
4. Методы измерения трития / Рекомендации Национального комитета по радиационной защите и измерениям США/ - М.: Атомиздат, 1978.
5. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87.-М.: Энергоатомиздат, 1988.
6. Компьютерные базовые модели прогнозирования и поведения радионуклидов в водоемах при аварийных и нормативных сбросах, с учетом гидрометеорологической обстановки. /В.А. Воробьев, А.В. Носов, М.Ф. Каневский и др.// Препринт ИБРАЗ NN 51-36-94.-М.:1994. -45с.
7. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС./ В.В. Бадяев, Ю.А. Егоров, С.В. Казаков/ - М.: Энергоатомиздат, 1990.
8. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных электростанций СП-АЭС-79. -М.: Энергоатомиздат, 1981.

9. H. Bonka "Production and emission of tritium from nuclear facilities, and the resulting problems". Behaviour of tritium in the Environment, JAEA, Vienna, 1979.

## ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ "ГОРЯЧИХ ЧАСТИЦ" RADIATION DANGER PROBLEMS OF "HOT PARTICLES"

Суслин В.П.

Новосибирский областной центр Госсанэпиднадзора  
630132, Россия, г. Новосибирск, ул. Челюскинцев, 7-а, тел (3832) 21-16-79

После аварии в Чернобыле вновь приобрело огромное значение воздействие на человека чернобыльских "горячих частиц", которые распространились по всему Северному полушарию. Как показали исследования в СССР, Польше, Швеции, ФРГ и других странах, все частицы делятся на два класса.

К первому классу относятся частицы сложного радионуклидного состава:  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ . Проведенные институтом биофизики исследования показали, что в частицах диспергированного чернобыльского топлива молибденные и трансурановые радионуклиды прочно связаны с урановой матрицей.

Ко второму классу частиц в большинстве случаев относятся изотопы  $^{103}\text{Ru}$ . Примечательно, что в урановой матрице некоторых топливных частиц были обнаружены кластеры (скопления) атомов рутения, образующиеся на границах топливных зерен в таблетках топлива.

Было показано, что поступление аэрозоля аэродинамическим диаметром  $1\ \mu\text{м}$  и активностью  $25\ \text{кБк/год}$   $^{144}\text{Ce}$  соответствует осаждению в легких  $1\ \text{млн}$  топливных частиц. У 70 % свидетелей аварии (918 чел.) в теле были обнаружены гамма-излучающие радионуклидные маркеры топливных частиц.

В 1962 г. в осадках г. Новосибирска был обнаружен  $^{144}\text{Ce}$  активностью  $543\ \text{Бк}$ , превышающей годовую норму в 22 раза. Гамма-излучающие радионуклидные маркеры найдены в скелете животного и мягких тканях человека. В период многолетних ядерных испытаний в атмосфере (1949-1963 гг.) "горячие частицы" в приземной атмосфере Новосибирской области были преимущественно сложного состава.

Радиационная опасность "горячих частиц" для человека и животных состоит в том, что, попадая в легкие, они образуют очаги длительного хронического повышенного облучения и, вероятно, некроза легочной ткани, так как мощность дозы на поверхности "горячей частицы" достигает  $50000\text{-}70000\ \text{рад/час}$ .

Из вышеизложенного следует, что перед радиационной медициной стоит актуальнейшая задача оценки вклада "горячих частиц" в эффективную дозу внутреннего облучения и риска индукции стохастических эффектов у населения.

**"ГОРЯЧИЕ ЧАСТИЦЫ" - КАК РАДИАЦИОННО ОПАСНЫЙ ФАКТОР В ЗОНЕ  
ДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**  
**"HOT PARTICLES" AS A RADIATION DANGEROUS FACTOR IN THE NUCLEAR FUEL  
CYCLE ENTERPRISES RANGE**

Рихванов Л.П., \*Зубков Ю.Г., \*\*Салеев А.А.

Томский политехнический университет, \*Госкомэкология Томской области,  
\*\*Военно - медицинский факультет при СМУ, Россия, г.Томск

С момента испытания ядерного оружия в атмосфере специалистами стали обнаруживаться высокоактивные микрочастицы, которые имели глобальное распределение. Эти образования были относительно редки, а методика их выявления была весьма трудоемкой, что не давало возможности оценить их реальную опасность для человека.

Авария на ЧАЭС в 1986 году высветила эту проблему наиболее остро, хотя на первых этапах ликвидации последствий аварии, оценку дозовых нагрузок на человека в зоне аварии производили без учета этого радиационного фактора, ориентируясь только на объем выброшенного йода-131 и плотность загрязнения цезием-137 и стронцием-90.

Сегодня специалистами дискутируется проблема происхождения "горячих частиц" (конденсат газовой-водной фазы, тонкодисперсные остатки ядерного топлива и т.д.), их состава и даже самого термина.

Мы принимаем формулировку, предложенную Л.М. Хитровым (1990) - "горячая частица" - есть образование любого радионуклидного и химического состава размером до 50 мкм и удельной активностью 4 Бк ( $3 \times 10^{-11}$  Ки).

В Чернобыле активность отдельных частиц достигала  $10^3 - 10^4$  Бк с уровнем гамма-излучения от них до 1 Р/час. Всего в 1 м<sup>3</sup> воздуха регистрировалось от 3 до 1400 "горячих частиц" с активностью от 0.03 до 2000 Бк размером до 2 мкм. В силу их малых они плохо задерживаются фильтрами и переносятся ветром на значительные расстояния. В организм человека "горячие частицы" поступают пероральным и ингаляционным путем. Они, прежде всего, осаждаются в трахеях и бронхах, легочной ткани, а также в желудочно-кишечном тракте.



В последние месяцы 1958 г. общественность была обеспокоена новыми на-  
ми открытиями, связанными с присутствием в свободной атмосфере "горячих

"Горячие частицы" или "горячие зёрна" - это мельчайшие частицы пыли с от-  
ельно высокой радиоактивностью. Такие частицы были обнаружены за по-  
нее время с помощью различной измерительной аппаратуры во многих пунктах

Частицы с высокой активностью образуют подвижные (например, в микро-  
гах скоплениях слизи) и неподвижные (в рубцах) "горячие точки". Большинство  
иц, отложившихся в альвеолярной области, фагоцитируются макрофагами. Во  
прохождения через легкие и при рециркуляции через региональные лимфо-  
облучаются форменные элементы крови с возникновением лимфопении и дру-  
гематологических изменений.

В силу высокой активности (в пересчете на 1 г до сотен и тысяч Ки) за счет  
-  $\gamma$  - излучения они оказывают чрезвычайно острое воздействие на локальные  
тки биологической ткани, вызывая ее омертвление, образуя микрокаверны,  
язвы, фиброзы и т.д.

Нами после аварии 06.04.1993 года на радиохимическом производстве СХК  
в районе следа было установлено присутствие большого количества частиц мик-  
ного размера (10 мкм) с мощностью гамма-излучения от них более 24 мР/час. По  
этим параметрам эти образования являются классическими "горячими частицами".  
Такая частица, попав на биологическую ткань, создает дозовую нагрузку  
от  $\beta$  - излучения на участке радиусом 0.8 см локальную дозу 13 Гр (расчет  
Иванова, ГИПЭ, г. Москва, 1994). Кроме  $\beta$  - излучателей в них находятся  $\alpha$ -  
излучатели такие, как уран-235, плутоний-239, америций-241 и т.д., что может крат-  
увеличить данную расчетную дозу.

О присутствии этих частиц нами было заявлено Правительственной комис-  
уже 08.04.1993 г., но этот радиационный фактор интенсивно игнорировали.  
менно эти частицы обусловили загрязнение в районе поселков Черная Речка - Ка-  
зово.

Позднее их присутствие было подтверждено исследованиями других специа-  
листов (Глушко и др., 1993, Лысцов и др., 1993).

Опасность этого фактора в районе выброса реальной оценки не получила.  
эти частицы не создавали общую мощность внешнего облучения, они создавали  
внутренний фактор облучения.

Есть все основания предполагать, что "горячие частицы" с производств  
выбрасывались в окружающую среду и в другие периоды. Их присутствие уста-  
влено в рыбе (И.Г.Берзина и др., 1992). При исследованиях легочной ткани трупов

пос. Самуськов и Моряковский Затон установлено присутствие компонентов ядерного топлива и некротические изменения ткани (исследования Н.А. Мешкова, А.В. Каткова и др. по разделу программы, курируемому Н.Н. Ильинских).

В последнее время, присутствие таких образований установлено в речных отложениях р. Енисей ниже ГХК, Красноярск-26 (Тимофеев, 1995), а также в аэрозольных образованиях вблизи завода химконцентратов в г. Новосибирске (Суслин, 1995).

Роль "горячих точек" вблизи предприятий ЯТЦ является одной из основных. Трагедия ликвидаторов последствий аварий на ЧАЭС заключается не только в том, что они получили высокие дозовые нагрузки от внешних факторов, а в том, что они подверглись массивному воздействию потока "горячих частиц". Это обусловило возникновение заболеваний дыхательных путей и легких, заболеваний желудочно-кишечного тракта.

И поэтому нельзя не согласиться с членом-корреспондентом РАЕН А.Е. Кратковым (1995), участником всего периода ликвидации аварии на ЧАЭС, что ..... "безответственными были бы действия, ограничивающиеся измерениями только гамма-нагрузок на среду и человеческие популяции в случае тех аварий, которые происходили или произойдут на объектах технологически связанных с ураном или плутонием".

"Горячие частицы" альфа-излучающих радионуклидов (плутония, трансурановых элементов) при диаметре менее 1 мкм несут активность  $2 - 1.5 \times 10^6$  Бк и способны глубоко проникать в легочную ткань. Известно, что риск возникновения рака легких при ингаляции нерастворимых соединений плутония в 2 - 3 раза выше, чем от растворимых, что можно интерпретировать как эффект "горячих частиц".

В Томском регионе это один из возможных радиационно опасных факторов, обуславливающих высокие дозовые нагрузки на организм человека, устанавливаемые методами биодозиметрии (Ильинских и др., 1995 и др.).

# РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕК ТЕЧА-ИСЕТЬ-ТОБОЛ RADIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TECHA-ISET-TOBOL RIVES

Трапезников А.В., \*А. Ааркорг, Позолотина В.Н., \*С.П. Нильсен,  
Трапезникова В.Н., Юшков П.И., Чеботина М.Я.

Институт экологии растений и животных Уро РАН, 620144, Россия, Екате-  
бург, ул. 8 Марта, 202, факс: 3432 29-41-61, E-mail: ROOT@INSEC.QUORUS.E-  
BURG.SU, \* Riso National Laboratory, PO Box 49, DK-4000, Roskilde, Denmark

На Урале расположено несколько ядерных предприятий, включая самое  
производственное объединение "МАЯК". В результате их деятельности  
большое количество радионуклидов было выброшено в окружающую среду. Огром-  
ные территории, являющиеся водосборными для многих уральских рек, оказались  
загрязнены. Кроме того, имел место прямой сброс жидких радиоактивных отходов в  
открытую гидрографическую систему. Наибольший вклад (100 Пбк) был осуществ-  
лен в 1949-1951 годах в р. Течу от П/О "МАЯК".

Грунты являются главным депо радионуклидов в речной системе. Изучение  
вертикального распределения долгоживущих радионуклидов позволяет оценить  
временную динамику загрязнения. Иногда есть возможность выявить источники за-  
грязнения. Нами изучено вертикальное распределение  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в грунтах рек  
Теча, Исеть, Тобол.

Нашими ранними исследованиями было показано, что грунты реки Течи обо-  
гащены  $^{137}\text{Cs}$  в большей степени, чем другими радионуклидами. Сравнение с уров-  
нем глобальных выпадений показывает, что концентрации  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в грунтах р.  
Течи на 1-4 порядка величин выше (Aarkorg et al., 1991). Степенная функция наи-  
лучшим образом описывает поведение радионуклидов в грунтах:  $y=e^{ax^b}$ , где  $x$  рас-  
стояние от места сброса (Трапезников et al., 1993). Используя данные о concentra-  
ции радионуклидов, а также гидрогеологические характеристики р. Течи  
(Ресурсы...1973), мы оценили общий запас радионуклидов в 0-10 см слое грунта в  
части реки, начиная с 49 км от источника и кончая 240 км в низовье. Результаты  
следующие:  $^{90}\text{Sr}$  -  $3 \cdot 10^{11}$  Бк,  $^{137}\text{Cs}$  -  $6 \cdot 10^{12}$  Бк,  $^{239,240}\text{Pu}$  -  $8 \cdot 10^9$  Бк.

Концентрация радионуклидов в воде р. Течи уменьшается с расстоянием от  
места сброса согласно экспоненциальной функции:  $y=e^{-(a+bx)}$ . Сравнение с концент-  
рациями в реках северных умеренных широт показывает, что содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  
 $^{137}\text{Cs}$  в воде р. Течи превышает таковые на 2-3 порядка величин. Используя данные  
о содержании радионуклидов в воде и главные гидрогеологические характеристики

реки, мы рассчитали общий запас радионуклидов в воде как функцию расстояния "x" от места сброса. Результаты следующие:  $^{90}\text{Sr}$  -  $2 \cdot 10^{10}$  Бк,  $^{137}\text{Cs}$  -  $10^9$  Бк,  $^{239,240}\text{Pu}$  -  $10^6$  Бк.

Калькуляция общего содержания радионуклидов в р. Тече показала, что вода, грунты и пойма содержат около 0,3 пБк  $^{137}\text{Cs}$ , и 0,2 пБк  $^{90}\text{Sr}$  (Трапезников et al. 1993). Наибольшая часть радиоактивных сбросов, около 7,1 пБк, накоплена в каскаде резервуаров в верховье реки (Заключение..., 1991). Согласно расчетам, в настоящее время общая сумма сбросов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  50-х годов с учетом радиоактивного распада составляет 8,9 пБк. Таким образом, около 1 пБк радиоактивных отходов мигрировало за пределы р. Течи и находятся в Исеть-Тобол-Иртыш-Обь речной системе и далее в Арктике.

Чтобы оценить распределение радионуклидов в профиле грунтов р. Течи были отобраны специальные образцы в двух местах (49 и 237 км от места сброса), где были взяты 2 см слои на глубину до 38 см (табл.1.). Максимум концентрации  $^{137}\text{Cs}$  наблюдали на глубине 15 см. Если считать, что эта глубина соответствует сбросу 1950, то скорость осаднения будет 3,6 мм в год. Максимум концентрации  $^{90}\text{Sr}$  находился на глубине 18-20 см, что иллюстрирует большую миграционную способность  $^{90}\text{Sr}$ .

Таблица 1

Вертикальное распределение радионуклидов в грунтах р. Течи в 49 и 237 км от места сброса отходов

Слой, см	$^{90}\text{Sr}$ кБк/кг	$^{137}\text{Cs}$ кБк/кг	$^{90}\text{Sr}$ кБк/кг	$^{137}\text{Cs}$ кБк/кг
	49 км от места сброса		237 км от места сброса	
0-2	2,4	200	0,37	0,14
2-4	2,7	210	0,47	0,15
4-6	2,4	150	0,54	0,21
6-8	3,7	170	1,11	0,25
8-10	5,6	340	1,07	0,18
10-12	6,8	360	1,16	0,14
12-14	8,6	470	1,80	0,17
14-16	7,5	640	0,88	0,15
16-18	9,5	590	0,78	0,17
18-20	11,2	450	0,05	0,16
20-22	7,6	390	0,65	0,16
22-24	7,5	390	0,50	0,13
24-26	6,8	210	0,69	0,10
26-28	6,0	63	0,66	0,08
28-30	7,7	47	0,69	0,05
30-32	6,3	44	0,60	0,04
32-34	4,8	7,6	1,12	0,03
34-36	5,0	4,9	0,43	0,03

В низовье р. Течи радионуклиды распределены в грунтах более пропорционально, однако мы наблюдали более высокие концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в слоях 8-10 см, а  $^{90}\text{Sr}$  в слоях 8-14 см. Было показано, что концентрации  $^{90}\text{Sr}$  уменьшились более чем в 3 раз от верховья до конца реки. Концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в верховье были на 3-4 порядка величин выше, чем в низовье.

Образцы грунтов из р. Тобол отбирали около г. Курган, выше по течению впадения рек Теча-Исеть. Уровни содержания радионуклидов оказались неожиданно высокими, что показывает на возможность существования неизвестного источника загрязнения в верховье р. Тобол. Вертикальное распределение радионуклидов в грунте р. Тобол варьировало, иногда максимум концентрации наблюдался на глубине 0-5 см, а в некоторых случаях в более глубоких слоях.

Образцы, отобранные вблизи г. Ялуторовска (место слияния с р. Исеть) показали, что в большинстве случаев максимум накопления находится в верхних слоях. Грунты р. Тобола до впадения р. Исети загрязнены меньше, чем после него, потому что сама р. Исеть загрязнена еще в большей степени (табл. 2).

Таблица 2

Плотность загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  донных отложений рек Исеть и Тобол

Река	Место отбора	Слои грунта, см	$^{90}\text{Sr}$ kBк/кв.м	$^{137}\text{Cs}$ kBк/кв.м
Тобол	город Курган	0-32	8,1	5,2
		0-29	3,5	8,6
Исеть	город Ялуторовск до впадения р. Исеть после впадения р. Исеть	0-54	1,5	1,6
		0-27	2,5	2,6
		0-33	8,1	4,3

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕК ТЕЧИ И ИСЕТИ

### RADIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TECHA AND ISETL RIVERSIDE ECOSYSTEMS

Гозолоина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Михайловская Л.Н., Юшков П.И.

Институт экологии растений и животных УрО РАН,

620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, факс: (3432) 294161,

E-mail: root@insec.quorus.e-burg.su

Река Теча в верхнем течении протекает по территории ядерного предприятия "МАЯК". В 1949-1951 годы в нее было сброшено около 76 млн.м<sup>3</sup> жидких радиоактивных отходов, общей активностью 2,75 Мки (Заключение комиссии . . . 1991), в

результате чего донные отложения, вода, биота, а также почвенно-растительный покров прирусловой зоны были значительно загрязнены. В мировой практике не отмечено подобных случаев загрязнения природных экосистем ни по количеству, ни по изотопному составу (Eisenbud, 1987). Река Теча принадлежит к речной системе Исеть-Тобол-Иртыш-Обь, следовательно вносит определенный вклад в загрязнение Арктических морей.

Исследовательский интерес к проблеме загрязнения р. Течи концентрируется в основном в изучении компонентов реки: воды, грунтов, гидробионтов, а также на реконструкции доз облучения населения, проживающего по берегам (Дегтева и др., 1992, Trapeznikov et al., 1993). Между тем изучение поведения радионуклидов в пойменных ландшафтах составляет одну из актуальных и слабо разработанных проблем радиэкологии. Гидроморфные условия пойменного почвообразования способствуют формированию ландшафтно-геохимических барьеров, на которых аккумулируются многие макроэлементы, тяжелые металлы и радионуклиды. С другой стороны, пойменные экосистемы могут быть источниками вторичного загрязнения рек.

Цель данной работы: изучить современную радиэкологическую ситуацию, сложившуюся на территории водосбора р. Течи и следующей в данной речной системе р. Исети.

Почвенные разрезы закладывали в прирусловой (3-5 м от русла) и в центральной (30-50 м от русла) части поймы р. Течи на расстояниях 153, 167, 184, 214 и 237 км от истока реки по правому и левому берегам. Образцы почв отбирались также в пойме р. Исеть до и после впадения в нее р. Течи и р. Миасс. В непосредственной близости от почвенных разрезов отбирали образцы травянистых в них радионуклидов.

Определение содержания  $Sr^{90}$   $Cs^{137}$  в почвах прирусловой поймы р. Течи показало повышенную степень ее загрязнения практически на всем протяжении по сравнению с поймой р. Исеть до впадения в нее р. Течи. (табл.1 и 2). Выявлена неравномерность пространственного загрязнения обследованной территории, нет четкой зависимости уровня содержания радионуклидов от приуроченности к разным берегам реки. Вертикальное распределение  $Sr^{90}$  и  $Cs^{137}$  в почвенных профилях весьма разнообразно и отражает процессы формирования пойменных почв.

В центральной пойме содержание радионуклидов также повышено, причем на некоторых участках уровни загрязнения превышают таковые для прирусловой части. Значительная аккумуляция происходит в результате длительного застаивания в пониженных местах паводковых вод и осадения из них тонкодисперсных частиц, обогащенных радионуклидами.

Проведена оценка суммарного запаса радионуклидов в слое почвы 0-30 см, показано, что в нейтральной пойме по мере приближения к устью р. Течи запас  $Sr^{90}$  сокращается в 25 раз, а  $Cs^{137}$  - в 10 раз. Градиент падения концентраций радионуклидов с расстоянием особенно отчетлив при сопоставлении наших данных с уровнями загрязнения верховья реки (Березина и др., 1993).

Содержание  $Sr^{90}$  в травянистых растениях составляло 1200-2016 Бк/кг сухого веса, что в 100-200 раз превышает контрольный уровень. Коэффициенты накопления  $Sr^{90}$  варьируют в 50 раз в зависимости от видовой принадлежности растений. Что касается накопления  $Cs^{137}$ , его содержание в травянистых растениях не превышало 40 Бк/кг, при среднем уровне в контроле 10 Бк/кг. Такие различия в накоплении  $Sr^{90}$  и  $Cs^{137}$  в растениях при близком содержании их в почвах могут быть связаны с повышенной миграционной способностью радиостронция в условиях избыточного увлажнения и его большей доступностью растениями (Куликов и др., 1990). Установлено также повышенное содержание  $Sr^{90}$  в листьях, коре, древесине и ветках ивы, по порядку величин превышающее контроль.

Таблица 1

Содержание радионуклидов в почвах прирусловой поймы р. Течи

Место отбора	Глубина, см	$Sr^{90}$ Бк/кг	$Cs^{137}$ Бк/кг
Лобаново правый берег 153 км	0-10	291+60	838+300
	10-20	230+50	266+70
	20-30	172+20	300+200
Левый берег	0-10	136+10	280+40
	10-20	228+45	585+200
	20-30	292+80	530+200
Анчугово правый берег 167 км	0-10	932+25	1200+400
	10-20	608+115	670+400
	20-30	562+12	340+100
Левый берег	0-10	320+30	488+157
	10-20	324+40	505+200
	20-30	278+35	375+190
Бугаево правый берег 184 км	0-10	195+75	275+150
	10-20	266+100	170+70
	20-30	338+160	370+300
Левый берег	0-10	654+115	690+150
	10-20	544+80	430+220
	20-30	692+200	430+100
Першино правый берег 214 км	0-10	280+120	242+25
	10-20	75+50	39+6
	20-30	34+20	21+12
Левый берег	0-10	680+136	417+40
	10-20	1006+200	695+70
	20-30	616+98	245+45
Затеченское правый берег 237 км	0-10	1500+278	775+100
	10-20	277+98	60+16
	20-30	212+50	13+4



Радиоэкологическое исследование территории водосбора р. Исеть показало что р. Теча оказывает заметное влияние на степень загрязнения ее пойменных экосистем (табл.2).

Таблица 2

Содержание радионуклидов в почвах прирусловой поймы р. Исеть

Место отбора	Глубина, см	Sr <sup>90</sup> Бк/кг	Cs <sup>137</sup> Бк/кг
Верхний Яр	0-10	16+1	30+15
	10-20	8+1	22+12
	20-30	4+1	10+4
Красноисетское	0-10	123+29	60+16
	10-20	113+27	29+15
	20-30	150+18	31+8
Кондино	0-10	184+19	12+3
	10-20	293+30	15+3
	20-30	136+16	9+2
Мехонское	0-10	27+13	47+12
	10-20	43+7	13+3
	20-30	32+7	9+3

Как видно из табл. 2 содержание Sr<sup>90</sup> в пойменных почвах р. Исеть до впадения р. Течи (с. Верхний Яр) на порядок величин ниже, чем в почвах поймы после ее впадения (с. Красноисетское). Различия в концентрациях Cs<sup>137</sup> менее значительны. Обнаружены неожиданно высокие уровни загрязнения Sr<sup>90</sup> пойменных ландшафтов р. Исеть в месте впадения в нее р. Миасс (с. Кондино и Мехонское). Ранее было показано повышенное содержание Sr<sup>90</sup> и Cs<sup>137</sup> в воде и донных отложениях р. Миасс источник которого неизвестен (Трапезников et al., 1993). Для окончательного заключения требуются дальнейшие исследования.

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БЕЛОЯРСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА-ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ АТОМНОЙ СТАНЦИИ  
THE RADIOECOLOGICAL STATE OF THE BELOYARSK LAKE-THE COOLING POND  
OF THE BELOYARSK NUCLEAR POWER PLANT**

Трапезников А.В., Чеботина М.Я., Трапезникова В.Н., Куликов Н.В.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, 620144, Россия,

Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, факс: 3432 29-41-61,

E-mail: ROOT@INSEC.QUORUS.E-BURG.SU

С 1976 г. в Институте экологии растений и животных УрО РАН проводились систематические исследования содержания основных загрязняющих радионуклидов



( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) в водоеме-охладителе Белоярской АЭС им. Курчатова. Белоярский водохранилище расположено на Среднем Урале в Свердловской области, в 60 км к востоку от Екатеринбурга. Водоем образован в 1959-1963 гг. путем зарегулирования русла р. Пышмы. Его протяженность около 20 км, ширина на уровне АЭС - 3 км, а площадь составляет примерно 47 км<sup>2</sup>. Особая актуальность рассматриваемой проблемы заключается в том, что водоем и вытекающая из него р. Пышма представляют собой проточную систему, поэтому поступающим в воду радионуклидам открыт путь в реки Туру, Тобол, Иртыш.

Постоянные точки наблюдений располагали на территории водоема таким образом, чтобы, по возможности, охватить всю площадь водохранилища, подверженную влиянию АЭС. При этом особое внимание уделяли акватории, непосредственно примыкающей к АЭС. В эту акваторию сбрасываются подогретые воды АЭС и частично поступали слабо радиоактивные жидкие стоки через промливневый канал. Поэтому две точки наблюдений разместили на Теплом заливе и в районе Биологической станции, находящихся в пределах санитарно-защитной зоны АЭС. Важной точкой наблюдений служил также район Щучьего залива, расположенный в пределах 10-км наблюдаемой зоны недалеко от ее границы. В качестве контрольного региона выбрано верховье Белоярского водохранилища, находящегося примерно в 25 км от атомной станции.

Ниже приводятся усредненные концентрации  $^3\text{H}$  (1980-1986 гг.),  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  (1976 - 1987 гг.) в воде Белоярского водохранилища (для  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в  $10^{-3}$ ), Бк/кг:

Таблица

Место отбора	$^3\text{H}$	$^{60}\text{Co}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$
Район Биологической станции	66 ± 2	700 ± 140	314 ± 185	810 ± 260
Теплый залив	61 ± 2	250 ± 75	61 ± 22	310 ± 60
Щучий залив	60 ± 2	90 ± 19	44 ± 3	107 ± 29
Верховье	33 ± 3	36 ± 9	44 ± 7	42 ± 9

Наиболее высокое содержание  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  наблюдается в районе Биологической станции. Концентрация  $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в этом регионе в 19, а  $^{90}\text{Sr}$  - в 7 раз выше, чем в верховье водоема. Тритий, как наиболее подвижный радионуклид, достаточно равномерно распределяется в воде водоема, однако в указанной выше акватории его содержание в среднем в 2 раза выше, чем в верховьях.

Несмотря на то, что в отдельных заливах наблюдаемой зоны водоема концентрация  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  заметно отличается, по центру водоема на протяжении наблюдаемой зоны она практически одинакова и составляет  $0,025 \pm 0,001$ ;

0,043±0,006 и 0,044±0,002 Бк/л соответственно для  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Последнее свидетельствует о достаточно быстром и равномерном перемешивании воды и радиоактивных примесей в водоеме в целом.

Концентрацию радионуклидов в растениях и грунтах оценивали в зависимости от расстояния от АЭС. Для этого наблюдаемую зону на всей ее протяженности условно разделили на 4 подзоны. В указанных подзонах определяли концентрации радионуклидов в шести доминирующих видах фитобионтов и трех видах донных отложений. Результаты обрабатывали по каждой подзоне отдельно. Несмотря на вариабельность отдельных измерений, содержание каждого радионуклида в определенном виде растений и типе грунта первых трех подзон оказалось практически одинаковым, что подтверждает предположение о том, что на значительной протяженности наблюдаемой зоны водоема в результате равномерного перемешивания воды и радиоактивных примесей поддерживаются относительно стабильные условия процессов накопления радионуклидов в различных компонентах водоема.

В верховье Белоярского водохранилища концентрация радионуклидов, как правило, заметно ниже, чем в наблюдаемой зоне АЭС. В частности, в кладофоре отобранной в контрольном регионе, содержание  $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в 5 - 6 раз ниже, чем в наблюдаемой зоне, и составляет, соответственно,  $24\pm 2$  и  $21\pm 2$  Бк/кг. Данные по  $^{90}\text{Sr}$  находятся на пределе достоверности. Различия в содержании радионуклидов в грунтах наблюдаемой зоны и контрольного участка статически высокодостоверны за исключением случая со  $^{90}\text{Sr}$  для песчаного грунта, где различий не обнаружено.

Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в плотве, щуке и леще Теплого залива в 2 - 2,5 раза выше, чем в верховье Белоярского водохранилища. Это обстоятельство связано с увеличением содержания радионуклида в воде указанного региона из-за близости сбросных каналов АЭС. Кроме того, в зоне подогрева в результате повышения температуры водной Среды активизируются обменные процессы в организме рыб, приводящие к увеличению радионуклида рыбами и другими гидробионтами, которые служат пищей для рыб. На основе многолетних данных о содержании  $^{137}\text{Cs}$  в воде и рыбе показано, что вслед за повышением его концентрации в воде возрастает содержание в рыбе, и наоборот, по мере снижения концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в воде постепенно снижается содержание радионуклида в организме рыб. При этом максимальные значения концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в рыбе наступают через 1 - 4 месяцев после появления максимальных концентраций в воде, что, по-видимому, связано с перераспределением радионуклида в пищевых цепях других гидробионтов еще до поступления в организм рыб. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в садковом карпе, выращенном на подо-

в этих водах АЭС, значительно ниже, чем в свободноживущем карпе и во всех других видах рыб, обитающих за пределами зоны подогрева, что обусловлено видовыми и возрастными особенностями и способами питания изучавшихся видов (зрелый карп питается искусственным нерадиоактивным кормом). Отмечается неэффективность промышленного рыбозаведения в садках с использованием подогретых вод АЭС и искусственного корма.

Таким образом, исследования 1976-1988 гг. показали, что в результате эксплуатации Белоярской АЭС под влиянием тепловых и слаборадиоактивных стоков в прилегающей к ней части акватории водоема сформировалась зона, в которой вода, растения, рыба и грунты имеют более высокую концентрацию радионуклидов по сравнению с остальной частью водоема. На 1988 год запас изотопов в водоеме составил: 245 гБк  $^{60}\text{Co}$ , 134 гБк  $^{90}\text{Sr}$ , 668 гБк  $^{137}\text{Cs}$ . Все они более чем на 90 % сосредоточены в донных отложениях. В воде обнаружено от 2 до 8 %, а в растениях - менее 0,01 % радионуклидов.  $^{60}\text{Co}$ , содержащийся в донных отложениях, поступил в результате работы АЭС. Примерно половина  $^{90}\text{Sr}$  - стационарного происхождения, столько же изотопа поступило в водоем в результате глобальных выпадений из атмосферы. Наличие  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях на 93 % обусловлено работой АЭС, остальные 7 % радионуклида поступило с глобальными выпадениями.

На основе проведенных исследований предложен план проведения радиологического мониторинга Белоярского водохранилища, а также намечены технические мероприятия, выполнение которых будет способствовать улучшению ситуации в водных экосистемах района АЭС.

## **ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕОСТОРОЖНОГО ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМ СЫРЬЕМ НА УРАЛЕ**

### **IRRADIATION OF POPULATION DUE TO CARELESS HANDLING WITH RADIOACTIVE RAW MATERIALS IN THE URAL**

Ярмошенко И.В., Екидин А.А., Вожаков А.В.

Институт промышленной экологии УрО РАН, 620219, Россия, г. Екатеринбург,  
ул. Первомайская, 91, тел. (3432) 493421, факс (3432) 440771,

e-mail: alpha@ecko.rcupi.e-burg.su

## **ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ**

В середине сороковых годов на Урале было открыто месторождение ториевого монацитового песка, содержащего высокие концентрации долгоживущего есте-

ственного радионуклида Th-232. Характерная концентрация ThO<sub>2</sub> в песке составляет 3 - 9 %.

В период с 1949 по 1964 год в поселке Озерный, в 70 км к северо-востоку от г. Екатеринбурга функционировала обогатительная фабрика, перерабатывающая торий - содержащий монацитовый песок, как сырье для атомной и оборонной промышленности. Летом фабрика работала на местном сырье, зимой на импортном. Для перегрузки и временного складирования использовалась территория железнодорожной станции Костоусово (в 4 километрах от пос. Озерный). Территория складирования монацитового песка на станции Костоусово подверглась техногенному радиоактивному загрязнению.

После прекращения деятельности обогатительной фабрики из мест временного складирования происходило бесконтрольное изъятие ториевого монацитового песка для использования в частном и общественном строительстве, при отсыпке дорог, а также происходил естественный разнос. Таким образом, на территории поселка на железнодорожной станции Костоусово сформировались очаги техногенного радиоактивного загрязнения естественными радионуклидами. Одной из причин растаскивания радиоактивных материалов было отсутствие объективной информации населения о характере перерабатываемого сырья.

Перед нами стояла задача выявить все случаи радиоактивного загрязнения для планирования проведения дезактивационных работ и рассчитать дозу накопленную населением Костоусово от радиоактивного загрязнения. При этом предполагалось, что основными путями облучения населения сверх природного радиационного фона явились внешнее гамма-облучение и ингаляционное поступление Rn-220 (торон) и его дочерних продуктов распада (ДПР) в домах, построенных с применением торийсодержащего сырья. Было необходимо также установить уровень естественного радиационного фона для сравнения с добавочным облучением.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Для выявления очагов радиоактивного загрязнения был применен метод сплошной пешеходной гамма-съемки на площадях общего пользования, на приусадебных участках, по внешнему периметру зданий и внутри помещений.

Измерение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) торона проводилось аспирационным методом. При этом устанавливалась также ЭРОА Rn-222 (радон), вносящего существенный вклад в дозу облучения населения. Полученные результаты пересчитывались на среднегодовую активность по методике, отработанной нами на Урале. Эта методика учитывает характерную величину фактора равновесия и соотношения между сезонными и среднегодовыми концентрациями.

Для оценки запасов Th-232 проведен отбор проб и анализ грунта с территории выявленных аномалий зон с повышенным гамма-фоном. Проведен отбор и анализ на наличие долгоживущих радионуклидов проб воды и аэрозолей.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Измерения мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения проведены на всей территории поселка и в 235 жилых и общественных зданиях. Было выявлено 16 мест локализации радиоактивно-загрязненного грунта и 25 случаев использования торий содержащего сырья в строительстве.

Общая площадь загрязненной поверхности составляет около  $10200 \text{ м}^2$ . Наиболее обширное пятно загрязнения находится на территории бывшей перегрузочной площадки обогатительной фабрики ( $8000 \text{ м}^2$ ), сейчас это пустырь. Другие локализации сосредоточены непосредственно в жилой зоне или близки к ней, их площадь от 1 до  $1300 \text{ м}^2$ . Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в центре самого большого радиоактивно-загрязненного участка составила от 0,8 до 1,0 мР/ час, а средняя активность Th-232 в грунте достигает 600 кБк/кг. Общий запас Th-232 на загрязненной территории составил около 1,6 Ки. Такое количество Th-232 накоплено в результате россыпи около 300 тонн монацитового песка (5 % концентрации) толщиной 1 см слоем.

Во всех 25 жилых помещениях повышенная мощность экспозиционной дозы гамма-излучения (до 150 мкР/час) обусловлена несанкционированным властями использованием застройщиками монацитового песка. Радиационному загрязнению в таких случаях подвергались конструкции фундамента, штукатурка стен, раствор для кладки печей, отсыпка чердака. Оценка показывает, что в строительных материалах сосредоточено не более 0,15 Ки Th-232.

Эти материалы и конструкции явились также источником эксхалляции торона. ДРОА торона в загрязненных помещениях лежит в интервале  $2,5 - 15 \text{ Бк/м}^3$ , тогда как средняя по поселку величина для незагрязненных домов равна  $1,7 \text{ Бк/м}^3$  и не превышает  $2,5 \text{ Бк/м}^3$ . Среднее значение объемной активности радона в поселке составляет  $77 \text{ Бк/м}^3$ . Различия по концентрации радона между чистыми и загрязненными домами не наблюдалось.

Результаты анализа проб воздуха и грунтовой воды не показали загрязненности этих объектов радионуклидами сверх естественного фона.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ, ДОЗЫ

Как и ожидалось по результатам анализа геологических условий, было установлено, что естественный радиационный фон на данной территории относительно высок. Средняя наружная мощность экспозиционной дозы на территории поселка

равна 20 мкР/час, а в помещениях 23 мкР/час. Достаточно высоким является также накопление радона в жилых домах. Структура коллективной дозы  $H$  облучения населения поселка Костоусово представлена в таблице 1.

Таблица 1

	$H_{Tn}$	$H_{Rn}$	$H_{\gamma}$	$H_{Tn}+H_{Rn}+H_{\gamma}$
Суммарная доза, сЗв/год	32	59	56	147
В том числе сверх фона, сЗв/год	6,0	-	13	18
Превышение фона, %	19	-	23	12

В наиболее неблагоприятном жилом доме проживает 7 человек. Структура годовой индивидуальной эффективной дозы облучения  $E$  представлена в таблице 2. Этот дом был построен в 1970 г. За 25 лет индивидуальная накопленная сверхфоновая доза составила около 0,5 Зв.

Таблица 2

	$E_{Tn}$	$E_{Rn}$	$E_{\gamma}$	$E_{Tn}+E_{Rn}+E_{\gamma}$
Суммарная доза, сЗв/год	5,3	1,4	16,2	22,9
Добавка, сЗв/год	4,7	-	15,2	19,9
Добавка, %	89	-	94	87

### РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

По результатам проведенных исследований властям было предложено проведение реабилитационных мероприятий: вывоз и захоронение радиоактивно загрязненного грунта; реконструкция загрязненных зданий, извлечение загрязненных частей фундамента, снятие штукатурки и т.д.; асфальтирование улиц; переселение жильцов двух наиболее загрязненных домов. Проведение таких мероприятий позволит снизить сверхфоновую дозовую нагрузку.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неосторожное хранение и обращение с радиоактивным сырьем на железнодорожной станции Костоусово привело к бесконтрольному использованию этого сырья в жилищном строительстве и загрязнению территории долгоживущим естественным радионуклидом и его дочерними продуктами. Радиоактивному загрязнению подверглось 10200 м<sup>2</sup> территории и более 10 % жилого фонда поселка Костоусово. Увеличилось внешнее гамма-облучение и накопление Rn-220 в воздухе помещений. Годовая эффективная коллективная доза увеличилась на 19 % по ингаляции торона и его ДПР, на 23 % по воздействию внешнего гамма-излучения, суммарная доза облучения увеличилась на 12 %. В наиболее экстремальном случае загрязнения жилого дома индивидуальная эффективная доза облучения выросла более чем в 11 раз. Предложены мероприятия направленные на дезактивацию территории и строений и снижение дозы облучения. Аналогичные проблемы, вызванные



осторожным обращением с радиоактивным сырьем существуют в ряде других населенных пунктов Урала.

## РАДИОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ RADIOACTIVE AND ECOLOGIC DISTRICTS IN THE TULA REGION

Игнатов П.А., Лыхин А.Г.

Московская государственная геологоразведочная Академия, Московский геологоразведочный институт, 117485, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, тел. (095) 433-64-33

Тулльская область принадлежит к районам с напряженной экологической обстановкой. Это обусловлено высокой концентрацией промышленности в некоторых районах, в том числе угледобывающих предприятий, а также загрязнением, связанным с искусственными радионуклидами (ИРН) в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС и концентрациями естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) урана и радона, обусловленными природными геологическими процессами. Повышенные содержания ИРН и ЕРЭ в ряде мест определяют активность источников излучения, превышающую предельно допустимые значения.

Для радиогеоэкологического районирования авторы использовали имеющиеся данные аэрогаммаспектрометрических съемок, результаты геолого-поисковых работ на уран геологоразведочных организаций и собственные материалы.

Среди ИРН, распространенных в настоящее время в повышенных концентрациях в Тульской области следует выделить лишь  $^{137}\text{Cs}$ . Однако в первые недели после взрыва на ЧАЭС в этой области были концентрированные выпадения и других ИРН.

Поступление радионуклидов в окружающую среду в результате аварии на ЧАЭС имело одну особенность - большое количество продуктов деления было выброшено на значительную высоту. В распространявшемся облаке происходило разделение радиоактивных частиц с преобладанием летучих ИРН в его верхней части. Соответственно в региональном удалении от реактора в Тульской, Калужской и других областях Центральной России выпадали тонкодисперсные ИРН, распределение которых определялось газоаэрозолями, а в составе доминировали  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{110}\text{Ag}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$  /4/.

За исключением цезия-137 остальные ИРН имеют короткий период полураспада и к настоящему времени практически исчезли. Однако негативные последствия их воздействия могут иметь место в виде болезни щитовидной железы, споро-

воцированной накапливавшимся в ней радио-йодом. Распространение ИРН на территории области крайне неравномерное.

Установлено, что цезием-137 заражено больше половины Тульской области в количестве, превышающем  $0,5 \text{ Ки/км}$ . Из них наиболее загрязнены Арсеньевский, Плавский, Богородицкий и частично Щекинский районы. Максимально загрязненная (от 3 до  $12 \text{ Ки/км}$ ) часть следа имеет субширотно-северо-восточное простирание и вытягивается полосой от г. Белева на восток через г. Плавск до г. Новомосковска.

Эта полоса совмещается с зоной влияния долгоживущего тектонического нарушения, проходящего по южной окраине Московской синеклизы, и читающегося в современном рельефе. Ось радиоактивной полосы пространственно совпадает с границей лесной и лесостепной географических зон. Степная часть Тульской области заражена радиоцезием очень неравномерно, пятнисто и слабее (не более  $1 \text{ Ки/км}^2$ ).

Радиоцезий может быть подвижен лишь по звеньям трофической цепи и испытывать незначительный механический массоперенос /1/, что подтверждено наблюдениями и в Тульской области /5-7/.

По данным аэрогаммаспектрометрии распределение суммарной гамма-активности в целом совпадает с распределением Cs-137, что указывает на отсутствие значительной поверхностной загрязненности другими радионуклидами, включая естественные искусственные радиоактивные элементы. Вклад первых в общую мощность экспозиционной дозы составляет 10-17 мкР/час при колебаниях этого показателя от 10-15 до 150 мкР/час.

По площадному распределению радиоцезия следует отметить:

1) в субширотно-северо-восточной полосе заражения с плотностью заражения от 1 до  $5 \text{ Ки/км}^2$  оказалась большая часть Тульско-Новомосковской промышленной зоны, где преобладают техногенные образования и имеется соответствующая напряженная экологическая обстановка;

2) полоса заражения охватывает значительную часть регионального Окско-Донского водораздела, что дает предпосылки также широкого заражения обоих речных бассейнов;

3) наличие в районе заражения двух типов денудационных ландшафтов - преобладающей расчлененной волнисто-увалистой равнины и выположенной равнины, обуславливает вероятность локального механического перераспределения радиоцезия на большей части загрязненной территории области;

4) на западе и востоке полосы загрязнения ИРН находятся древние аллювиальные и флювиогляциальные супесчаные почвы /Добровольский и др., 1972/, из-за чего следует ожидать значительную, более 10 % от общей массы /1/ химическую миграцию радиоцезия. В отличие от других районов, где более 95% его прочно свя-



но в решетке глинистых минералов и сорбировано органическим веществом почв

5) имеется возможность карстогенного перераспределения цезия, поскольку в зараженных площадях есть карстовые воронки. В Тульской области известны проявления урана, радия и радона. Урановые проявления этого района были обнаружены и первоначально изучались геологами Ферганской экспедиции Всесоюзного института минерального сырья в пятидесятых годах. В семидесятые годы были проведены работы Центральной экспедицией ВИМСа. Было показано, что, несмотря на достаточно широкое площадное распространение, проявления урановой минерализации в угленосных породах не имеют промышленного значения в связи с малыми количествами рудных тел и содержаниями полезного компонента.

Следует подчеркнуть две общие особенности распределения естественных радионуклидов в Тульской области: скрытый характер не выходящих на дневную поверхность урановых аномалий и присутствие аномалий радона в почвах и подземных водах, в том числе источниках водоснабжения. Первая особенность с радиологических позиций имеет небольшое значение за исключением некоторых угольных шахт, разрезов и отвалов, где вероятно получение повышенных доз радиоактивности. Вторая черта более существенна, поскольку вероятно использование радиоактивных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении.

В Тульской области, как и в других районах Мосбасса, повышенная ураноносность, главным образом, связана с угленосными визейскими отложениями. В целом, в Мосбассе известно два мелких месторождения, 18 рудопроявлений и 102 проявления урана. Наиболее крупное Бельское месторождение расположено в северо-западной части бассейна на границе Тверской и Смоленской областей. Бристено-Желтухинское месторождение урана и ряд рудопроявлений (Юраковское, Западно-Скопинское, Ларинское и Волковское) расположены в Рязанской области на восточном фланге бассейна в районе Рязского прогиба.

Рудопроявления Чипляевское, Студеновско-Сильковичское, Кировское, Будское, Сердейско-Шлиповское, Северо-Окское и Бабинское расположены на юго-западе бассейна в Калужской области. За исключением Бабинского рудопроявления, приуроченного к юрским и меловым фосфоритоносным отложениям, остальные объекты также локализованы в угленосных горизонтах.

В Тульской области урановые проявления имеются практически во всех районах распространения угленосных отложений. Все они располагаются на глубинах от 3 до 140 м и связаны с раннекаменноугольными стратиграфическими горизонтами. Они представляют собой серию сближенных линз площадью от 0,5 до 400 км<sup>2</sup> и часто сопровождаются аномальными концентрациями Rn, Ra, Mo, Ag, Y, Hg и Zn. Концентрации урана составляют от 0,01% до 0,75%. Аномалии урана

отмечены в скважинах в угленосных отложениях в районе Кимовска, Богородицка и Узловой.

Большинство рудопроявлений урана расположено на флангах или за пределами эксплуатируемых угольных месторождений. Однако часть ураноносных пород могла вовлекаться в добычу. В этой связи радиозэкологическую опасность могут представлять хвосты обогащения, золы ТЭЦ и котельных, где вероятны высокие концентрации урана. Особенно те из них, которые предназначены для производства материалов для жилищного строительства и удобрений.

Урановое оруденение в рассматриваемых условиях обычно сопровождается повышенными скоплениями радона. Кроме того, аномалии радона в воде встречены к северу от г. Венева на границе с Серебрянопрудским районом Московской области и в районе г. Белев вне связи с известными аномалиями урана.

Для условий Тульской области, как и для всего Московского угольного бассейна, наиболее вероятны радоновые воды, связанные с рассеянными и рудными концентрациями урана в угленосных породах виле, а также с фосфоритами юры и мела. Вдоль крупных зон скрытой трещиноватости возможны собственные геохимические аномалии радона.

По нашим данным [3] концентрации радона в водных источниках Тулы и Богородицка и сливах ряда шахт Мосбасса колеблются от менее 100 Бк/м<sup>3</sup> до 54 000 Бк/м<sup>3</sup> и во многих случаях превышают ПДК в десятки раз (родник на севере г. Богородицка, водосливы из шахт Бельковская, Рассошинская и др.). Учитывая весьма значительный объем подземных вод, выкачиваемых на поверхность в связи с отработкой угольных месторождений и в целом, повышенную концентрацию в них радона, можно ожидать существенную добавку суммарной дозы облучения населения в районах радиоактивного заражения цезием-137, а в некоторых местах, и самостоятельное радиозэкологическое значение радононосных вод. Закономерности пространственного распределения радиоцезия, урана и радона в пределах Тульской области позволяют наметить три типа радиозэкологически опасных районов: с повышенными концентрациями 137 Cs (западная часть загрязненной полосы с супесчаными почвами); с повышенными концентрациями радона (центральная часть и северо-восток Тульской области); совмещенных концентраций природных и искусственных радионуклидов (центральная часть области) /Игнатов и др., 1994/. Последний район следует считать наиболее опасным, поскольку здесь имеет место пространственное совмещение концентраций радионуклидов с неблагоприятными по техногенному влиянию территориями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин Р.Т., Васильев А.В., Дикарев В.Г. и др. под ред. Алексахина Р.Т., Корнеева Н.А. Сельскохозяйственная радиозэкология. -М.: Экология, 1992.-400 с

2. Добровольский Г.В., Урусевская Н.С. География почв и почвенное районирование Центрального экономического района СССР. -М.: Изд. МГУ, 1972.
3. Игнатов П.А., Лыхин А.Г., Олонов Б.А., Павлович Г.Д. Радиогеоэкологические районы Тульской области. Известия вузов. Геол. и разв. №6, 1994.
4. Крышев Н.И. и др. Радиозэкологические последствия Чернобыльской аварии. -М.: Изд-во Ядерного общества СССР, 1991.
5. Соколов В.В., Агаркова А.А. Миграция и вторичные концентрации радионуклидов в ландшафтах Европейского центра Российской федерации. -В сб.: Принципы и методы ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов. -Саратов, 1989.
6. Соколов В.В., Агаркова А.А. Вторичные концентрации радионуклидов и активация территории. - Гомель, 1990.
7. Соколов В.В., Агаркова А.А. Вторичные концентрации радионуклидов по восточному следу выбросов ЧАЭС. - Пуцзино, 1991.

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИЙ, НА КОТОРЫХ РАСПОЛОЖЕНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

### RADIOECOLOGICAL AND SOCIO-ECONOMICAL PROBLEMS OF THE TERRITORIES WHERE NUCLEAR FUEL CYCLE ENTERPRISES ARE LOCATED

Адам А.М., Гальцова В.В., Рихванов Л.П., \* Аринчин С.А., \* Идимичев В.Ф.,

\*\* Киселев В.Н., \*\* Петрик А.И., \*\*\* Удодов Ю.Н., \*\*\*\* Ячменев В.А.,

\*\*\*\* Бакунин В.А.

Администрация и Госкомитет экологии Томской области, Томск,

\* Администрация и Госкомитет экологии Красноярского края, Красноярск,

\*\* Администрация и Госкомитет экологии Новосибирской области, Новосибирск,

\*\*\* Госкомитет экологии Иркутской области, Иркутск,

\*\*\*\* Администрация и Госкомитет экологии Челябинской области, Челябинск, Россия

На территории Урало-Сибирского региона (УСР), в бассейнах крупнейших рек России (Обь и Енисей) расположены предприятия ядерного топливного цикла (ЯТЦ), обеспечивающие предприятия военно-промышленного комплекса (ВПК) и атомной энергетики государства:

- Иркутская область, электрохимический завод, г. Ангарск;

- Красноярский край, горно-химический комбинат (ГХК), известный как город Красноярск-26, а ныне Железногорск; электрохимический завод в г. Красноярск-45;

- Новосибирская область, завод химических концентратов (ЗХК);

- Томская область, Сибирский химический комбинат (СХК), г. Томск-7 (ныне г. Северск);

- Челябинская область, предприятия ЯТЦ, г. Челябинск-65 или г. Озерск.

Каждый из этих комплексов составляет одно или несколько звеньев в общем ядерном топливном цикле. Например, ЗХК в г. Новосибирске производит ТВЭЛы, а электрохимический комбинат в г. Ангарске разделяет изотопы урана, а на других предприятиях это ряд взаимосвязанных объектов (ядерные реакторы, радиохимические, химико-металлургические и другие заводы).

Весь комплекс представляет собой современные производства, с использованием высокотехнологичных наукоемких технологий, позволяющих решать сложнейшие задачи на самом прогрессивном уровне, в том числе и на стадии конверсии ВПК, в том числе зарабатывая валютные средства.

Работа предприятий ЯТЦ во всем мире является потенциально высокo-опасной, так как в процессе своей деятельности в окружающую среду выбрасываются радиоактивные и сопутствующие им химические компоненты, которые оказывают определенные воздействия на состояние биоты и здоровье человека. О масштабах выбросов при штатном режиме производства, например, плутония в УСР можно судить по табл. 1.

Особенно масштабно воздействие этих комплексов на окружающую среду и здоровье человека осуществлялось при известных аварийных ситуациях (Челябинск-65 в 1957 и 1967 гг., Томск-7 в 1993 и т.д.). Так, при аварии в Челябинске-65 было выброшено в окружающую среду 20 млн. Ки радионуклидов, что составляет два Чернобыля, образовав зону радиоактивного заражения протяженностью более 300 км и шириной 30-50 км (Восточно-Уральский радиоактивный след - ВУРС).

В 1967 году произошел ветровой разнос радионуклидов (0.6 млн. Ки) на площади 2700 км<sup>2</sup>. В результате аварий пострадало около 300 тыс. человек из 270 населенных пунктов, часть населения была эвакуирована.

Масштабы известных аварий на других предприятиях носят локальный характер (Томск-7, 1993 г., выброшено от 50 до 500 Ки радионуклидов).

Вывод объектов из производственной эксплуатации в Красноярске-26. Томске-7, Челябинске-65 с одной стороны, снимает ряд экологических проблем (прекратится сброс в реки радиоактивных вод от прямоточных реакторов) с другой.

...ничают новые: ядерные реакторы, даже выведенные из эксплуатации, требуют обслуживания на протяжении еще многих лет и соответствующего финансирования. Последнего сейчас недостаточно.

С каждым годом увеличивается количество накапливаемых отходов отработанного ядерного топлива в хранилищах радиоактивных отходов. Например, непрерывно наполняется полигон "Северный" - подземное хранилище жидких радиоактивных отходов, надежность которого поставлена под сомнение недавно проведенной общественной экологической экспертизой.

Постоянные выбросы радионуклидов в атмосферу, сбросы радиоактивных отходов в реки Енисей и Томь создали высокую потенциальную радиозэкологическую опасность для населения, проживающего в зоне их влияния, и вносят вклад в формирование дозовых нагрузок на организм человека.

Например, загрязнение пойменных отложений реки Енисей привело к тому, что остров "Городской" в пределах городской черты г. Енисейска фактически превратился в хранилище радиоактивных отходов.

На территории г. Новосибирска в результате деятельности НЗХК образовалось около 200 участков радиационного загрязнения грунта. В настоящее время большинство из них дезактивированы. Последствия радиационного воздействия на население до сих пор не изучены.

Современные проблемы предприятия определяются:

- выбросами аэрозолей урана (0,0388 Ки/год согласно инвентаризации);
- эксплуатацией хвостового хозяйства, на территории которого накопились

...ни тонн отходов урана, складировается загрязненный металл, производится па...  
...сковый сброс с пруда-отстойника. Анализ долгосрочной экологической перспекти...  
... хвостового хозяйства не проведен.

Необходимо отметить, что перечисленные факторы техногенного воздействия накладываются на естественные. Так, территория г. Новосибирска относится к категории "особо опасная" и "опасная" в отношении радонового риска. Кроме того, в период проведения ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне, г. Новосибирск и часть территории области находились в зоне выпадения радиоактивных осадков, что вызвало дополнительное облучение населения (Суслин, 1994 и др.).

Сегодня степень радиационного воздействия на человека в результате деятельности производств ЯТЦ оценивается специалистами неоднозначно. Существование, что такого воздействия нет и его долю трудно определить среди других неблагоприятных экологических факторов. В то же время, появившиеся в последнее время материалы медико-биологических и биодозиметрических исследований, которые обсуждались в 1994-1995 гг. на конференциях в Красноярске, Челябинске, Свердловске, Томске и Санкт-Петербурге показывают, что фактор ра-

диационного воздействия существует, а дозовые нагрузки на человека в этих регионах порою существенно выше, чем в зоне Семипалатинского полигона (Ильинских и др., 1995, Смиренный и др., 1996 и др.).

Таблица 1

Наработка плутония, высокорadioактивных отходов и radioактивные выбросы в атмосферу на перерабатывающих производствах в Челябинске-65, Томске-7 и Красноярске-26 в 1992 г. (по Кохрану и др., 1993)

Изотоп	Время полураспада	Челябинск-65 (Кюри/год)	Томск-7 (Кюри/год)	Красноярс-26 (Кюри/год)
<b>Атмосферные выбросы</b>				
H-3	12,26	1 800	160	77
C-14	5730	120	17	9
Kr-85	10,72	2 300 000	330 000	170 000
I-131	0,022	-	2	1
Xe-131m	0,033	-	190	95
Xe-133	0,014	-	540	270
<b>Высокорadioактивные отходы</b>				
Sr-90	29,3	22 000 000	2 500 000	1 200 000
Y-90	-	22 000 000	2 500 000	1 200 000
Zr-65	0,18	7 500	43 000 000	21 000 000
Nb-95m	0,18	7 500	43 000 000	21 000 000
Tc-99	213 000	4 500	330	160
Ru-106	1,02	24 000 000	7 800 000	3 900 000
Rh-106m	1,02	24 000 000	7 800 000	3 900 000
I-129	16 000 000	13	0,8	0,4
Ce-144	0,78	50 000 000	58 000 000	29 000 000
Pr-144m	-	50 000 000	58 000 000	29 000 000
Cs-137	30,17	29 000 000	2 700 000	1 300 000
Ba-137m	30,17	29 000 000	2 700 000	1 300 000
Np-237	-	12	-	-
Am-241	432,2	216 800	160	81
Cm-242	162,9	90 000	97	49
Cm-243	28,5	3 200	0,002	0,001
Cm-245	8,500	26	-	-
Cm-246	4,780	3	-	-
Cm (всего)	-	337 000	97	49
<b>Извлеченные из отработанного топлива изотопы (тонн/год)</b>				
Np-237	0,100	-	-	-
U (всего)	325,7 *	1 733 #	866,4 #	-
Pu (всего)	2,97 **	0,748 ##	0,374 ##	-

\* 98,27 % U-238; 1,25 % U-235; 0,4499 % U-236; 0,02417 % U-234.

\*\* 64,24 % Pu-239; 20,11 % Pu-240; 11,28% Pu-241; 2,952 % Pu-242; 1,427 % Pu-238.

# 99,33 % U-238; 0,6566 % U-235; 0,00919 % U-236.

## 95,15 % Pu-239; 4,605 % Pu-240; 0,2376 % Pu-241; 0,004407 % Pu-242; 0,002956 % Pu-238.

Недостаток финансирования объектов ВПК и трудности процесса конверсии а также закрытость населенных пунктов, где расположены объекты ЯТЦ, добавляю к радиоэкологическим ряд социальных проблем.

В связи со сказанным выше, возникает острая необходимость решения ряда экологических и социально-экономических задач на территориях расположения предприятий ЯТЦ. Первоочередными из них являются следующие:

- проведение независимой оценки масштабов радиационного воздействия: общей площади загрязнения, количества населенных пунктов и общего числа населения, подвергшегося воздействию;
- организация постоянно действующей внешней (вневедомственной) системы мониторинга радиационной обстановки с учетом всех возможных радиационно-опасных факторов, в т.ч. Kr-85, I-129, C-14, H-3, U-235, Pu-239, "горячих частиц" и сопутствующих химических компонентов (трибутилфосфат и др.);
- разработка комплекса мероприятий по обеспечению безопасности действующих предприятий ЯТЦ и повышению готовности прилегающих территорий к чрезвычайным ситуациям;
- рекультивация загрязненных природных ландшафтов;
- обеспечение качественного медицинского обслуживания, снижение социально-психологической напряженности в регионах, обеспечение населения полноценными продуктами питания;
- реализация на деле Указа Президента РФ и Постановления Правительства РФ по вопросам социальной и экономической защиты и льготам населения, проживающего на этих территориях; обеспечения социальной защиты населения через систему обязательного государственного страхования граждан и их имущества и системы социальных льгот;
- разработка законов и нормативных документов по статусу данных территорий;
- обеспечение финансирования программ по социальной, экономической и экологической безопасности населения, проживающего вблизи объектов ЯТЦ.

Сегодня в ряде субъектов РФ действуют или разработаны программы по радиационной реабилитации (уральская и др.), Федеральная программа по обращению с РАО, но их финансирование совершенно недостаточно.

Для решения этих проблем необходимы другие источники финансирования. Например, предлагается создать особую экономическую зону на территории ЯТЦ, с источником финансирования за счет изменения системы отчисления налогов в Федеральный бюджет, что может стать государственной субвенцией, направленной Федерацией для решения социально-экономических и экологических проблем таких территорий (Белкин В.Н., 1995).

Субъекты Федерации, на территории которых находятся предприятия ЯТЦ и проживает их население, на определенном этапе исторического развития выполняют свой долг перед государством, при этом, зачастую не имея ни малейшего

представления о том, что происходило на их территории, какие есть и будут последствия от их деятельности, не имея ни малейшей возможности повлиять на эти процессы.

В силу жестких режимов секретности, данные территории и города были закрытыми, что сдерживало равномерное развитие их экономики и приводило к перетрофированному развитию предприятий ВПК (ярчайший пример г.Томск и его научно-технологические комплексы), что бумерангом сказалось на нынешнем этапе социально-экономического развития территорий. Сегодня государство обязано предпринять все усилия по изменению сложившейся ситуации, а территории должны максимально содействовать этому.

## **РАДИОАКТИВНОЕ ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ПРОБЛЕМА РАДОНА ЮГА СИБИРИ**

### **RADIOACTIVE TECHNOGENIC CONTAMINATION AND RODON PROBLEMS OF THE SOUTHERN PART OF SIBERIAN**

Пахомов В.Г., Попов Ю.П., Зубов Е.В., Лященко Н.Г.

Березовское государственное геологическое предприятие, 630091,

Россия, г. Новосибирск, ул. Каменская, 74, тел. (3832) 247931,

E-mail: [gput@bereza.sib.ru](mailto:gput@bereza.sib.ru)

Излагаются результаты работ по выявлению радиоактивного загрязнения в городах, крупных промышленных центрах юга Сибири, выполненных подразделениями ГПП "Березовгеология". На основе анализа полученных данных показаны основные типы радиоактивного загрязнения техногенного (не аварийного) характера. В плане работ по ограничению облучения населения от природных источников радиации приводятся результаты районирования территории по радоноопасности.

Плановые работы по выявлению радиоактивного загрязнения в населенных пунктах начали выполняться организациями Роскомнедра с 1986 года. Наиболее масштабные исследования проведены подразделениями концерна "Геологоразведка", которыми в 227 городах было выявлено около 14 тысяч участков радиоактивного загрязнения и источников ионизирующего излучения, при этом более чем в 80 случаях мощность экспозиционной дозы гамма-излучения превысила 1 Р/ч.

На территории юга Сибири государственное геологическое предприятие "Березовгеология" провело радиоэкологические исследования в 26 населенных



пунктах, в том числе в крупных промышленных центрах (Новосибирск, Томск, Омск, Красноярск и др.).

Аэрогамма - спектрометрической съемкой масштаба 1:10000 - 1:25000 было изучено 4280 кв. км городских территорий и пригородных зон, автогамма-спектрометрическими маршрутами около 13000 км., детальная пешеходная гамма-съемка масштаба 1:2000 и крупнее проведена на территории свыше 500 кв.км. В результате выявлено свыше 400 участков радиоактивного загрязнения и источников минимизирующего излучения, в том числе 12 с мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения свыше 1 Р/ч. При обследовании школ в этих городах установлено 560 источников (предметов) гамма-излучения.

Техногенное радиоактивное загрязнение выявлено практически во всех обследованных населенных пунктах, при этом отмечается отчетливая зависимость степени радиоактивного загрязнения от уровня промышленного развития. Наиболее радиационно дестабилизированную природную среду создают предприятия ядерно-технологического цикла. В регионе известны такие крупные предприятия, как Красноярский горно-химический комбинат (Красноярск 26), Красноярский электрохимический завод (Красноярск 45), Сибирский химический комбинат (Томск 7), Новосибирский завод химических концентратов (НЗХК), которые имеют действующие ядерные реакторы, производят реакторное топливо, оружейный плутоний. Промышленные предприятия, медицинские учреждения, научно-исследовательские институты широко используют различные источники излучения. Так, по данным Новосибирского областного центра санэпиднадзора в г. Новосибирске зарегистрировано более 600 предприятий, научно-исследовательских институтов и медицинских учреждений, использующих в работе свыше 10 тысяч источников излучения.

На юге Сибири известны урановое и сопряженное с ним редкометально - редкоземельное оруденение. В процессе геологоразведочных работ на радиоактивное сырье возникает высокая потенциальная опасность радиоактивного загрязнения не только непосредственно в районе объекта (промплощадка, санитарно-защитная зона) за счет горно-рудной массы с повышенными содержаниями естественных радионуклидов, выданной "на гора", но и в результате несанкционированного использования ее при строительстве дорог, отсыпки площадок и т.п.

Техногенное радиоактивное загрязнение не аварийного характера на юге Сибири представлено следующими основными типами:

I. Загрязнение вод, донных отложений и биоты искусственными радионуклидами различного состава.

В результате сброса технологических вод, использовавшихся для охлаждения активной зоны уран-графитовых реакторов на предприятиях ядерно-технологического цикла (Красноярск 26, Томск 7), в течение длительного времени

происходило масштабное радиоактивное загрязнение пойм рек Енисей и Томь. Основными дозообразующими радионуклидами в водной фазе являются натрий 24, хром 51, марганец 56. Донные отложения аккумулируют, в основном, кобальт 60, цезий 137, хром 51 и другие радионуклиды. Установлено присутствие графитовых частиц с высокой удельной активностью.

## 2. Загрязнение почво-грунтов урановорудным материалом.

Этот тип радиоактивного загрязнения наиболее типичен для г. Новосибирска. Основным предприятием загрязнителем является НЗХК, использовавшим в прошлом технологическом процессе природный ураново-рудный концентрат. В результате нарушения правил хранения, транспортировки, захоронения возникло обширное радиоактивное загрязнение городской территории и пригородной зоны. Природа радиоактивности радиевая.

Подобный тип загрязнения выявлен также в г. Омске.

## 3. Загрязнение в результате использования горных пород с высокой удельной активностью.

Загрязнение наиболее типично для г. Омска и области. В область поставляется фракционированный щебень и бутовый камень с карьеров Северного Казахстана, относящиеся по своим радиационным параметрам к II и III классам. Основными загрязнителями являются естественные радионуклиды (уран, торий).

Подобное загрязнение характерно и для г. Новосибирска.

## 4. Загрязнение металлургическими шлаками с цезием 137.

Этот тип загрязнения наиболее контрастно проявлен в г. Омске и обнаружен в других городах (Рубцовск, Новокузнецк). Загрязнение обусловлено отсутствием радиационного контроля при металлургическом процессе, в результате чего в переплав попали цезиевые источники и загрязненный цезием металлолом. В Омске загрязненный радиоцезием металлургический шлак использовался в качестве дорожного покрытия в пределах селитебной части города и на дачных участках. Загрязнение характеризуется значительным площадным развитием и высоким уровнем мощности экспозиционной дозы гамма излучения (до десятков сотен мР/ч).

К этому же типу можно отнести радиоактивное загрязнение, вызванное металлургическими шлаками с высокими содержаниями естественных радионуклидов (Новосибирск, Новокузнецк).

## 5. Загрязнение, обусловленное использованием так называемого "светосостава постоянного действия" (СПД).

Загрязнение почво-грунтов СПД установлено в Томске, Новосибирске и других городах. Природа радиоактивности радиевая.

## 6. Ампульные источники и другие радиоактивные предметы. Этот тип представляет собой достаточно обширную группу источников радиации. Он включает ис-

ионизирующие излучения цезия - 137, кобальта - 60, радия - 226 и других изотопов, предметы с СПД, отходы ядерного производства (трубы, балки и т.п.). Наибольшее количество амбионных источников выявлено в Омске ( 9 источников с мощностью экспозиционной дозы гамма излучения до 32 Р/ч).

Предметы с СПД обнаружены во многих школьных учебных заведениях (в Новосибирске в 236 обследованных школах выявлено 480 предметов радиации).

Проблема радона для юга Сибири является достаточно актуальной. По данным ВНИИ разведочной геофизики (С. Петербург) описываемая территория отнесена к радоноопасным площадям.

Специалистами ГПП "Березовгеология" проведено районирование территории по природным (земным) источникам радиации с целью выделения зон, потенциально опасных по радону. В основу методики районирования положено картографирование прямых и косвенных признаков радоновой опасности, выявляемых в процессе проведения геологических и геофизических исследований. К прямым признакам радоновой опасности отнесены, в первую очередь, атмогеохимические признаки (радоновые ореолы в грунтового воздухе) и повышенные концентрации радона в воздухе помещений, к косвенным - радиогеохимические (горные породы с повышенной радиоактивностью, аномалии и проявления естественных радионуклидов и т.п.), структурно-тектонические (зоны разломов, тектонические нарушения, участки повышенной сейсмической активности), радиогидрогеохимические признаки (области развития радоновых вод).

По проявленности этих признаков выделены территории с напряженной экологической обстановкой по радону, в пределах которых выделяются площади с критической экологической обстановкой (Новосибирско-Колыванская, Белокурихинская, Кемеровская и др.). Наряду с отчетливо проявленными на этих площадях прямыми и косвенными признаками радоновой опасности, здесь в ряде населенных пунктов в воздухе зданий установлены значения радона и продуктов его распада, превышающие установленные санитарные нормы.

Применяемая методика районирования территории по природным источникам радиации является достаточно эффективной для локализации потенциально опасных по радону площадей.

# ТОРОН И РАДОН В ПОЧВАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

## THORON AND RADON IN SOILS OF BAIKAL REGION

Черняго Б.П., Непомнящих А.И., Пампура В.Д.

Институт геохимии им.А.П.Виноградова СО РАН, Россия, г.Иркутск

Геологические особенности района Прибайкалья такие, как наличие выходов высокорadioактивных пород и неотектоническая активность в сочетании с континентальным климатом играют важную роль в формировании и размещении аномалий радиоактивных эманаций радона, торона и гелия. Кроме того, высокая ториевая минерализация почв и подстилающих пород региона поднимает в радиозоологии этого региона не только "радоновую", но и "тороновую" проблему.

Rn-222 ( $T_{1/2} = 3.8$  суток) и Rn-220 (торон;  $T_{1/2} = 55$  с) - это наиболее долгоживущие изотопы радона, являющиеся газообразными дочерними продуктами распада естественных радиоактивных семейств урана-238 и тория-232, соответственно.

Большая половина годовой дозы, получаемой человеком от всех источников ионизирующего излучения, как известно, обусловлена радоном. Среднепопуляционная концентрация радона в воздухе помещений для регионов умеренного климата равна  $40 \text{ Бк/м}^3$  по данным [1]. При этом суммарная ежегодная доза от радона равна  $0.87 \text{ мЗв}$ , а от торона и продуктов его распада -  $0.07 \text{ мЗв}$ . Поскольку считается, что из-за небольшого времени жизни торон не поступает в помещения кроме как из строительных материалов, то существует норматив на предельные содержания в воздухе помещений лишь для наиболее долгоживущего радона-222 ( $200 \text{ Бк/м}^3$ ) [2].

В последние годы в рамках областной программы "Радон" нами проводились исследования на территории Иркутской области. С целью изучения закономерностей распределения естественных радионуклидов в различных компонентах среды и прогнозирования радоновой обстановки в регионе были проведены измерения содержаний радона и торона в подпочвенном воздухе и в жилых и производственных помещениях населенных пунктов Ольхонского и Иркутского районов, а также содержаний других естественных радионуклидов (U, Th, K) в почвах, горных породах и других объектах гамма-спектрометрическим методом. Оценка содержаний торона и радона проводилась при помощи "мгновенных" измерений методом раздельного определения объемных активностей радона и торона приборами РГА-01.

Как показали наши исследования, в подстилающих почвенный покров породах Прибайкалья торий-232 существенно преобладает над ураном-238. По уровню содержания тория породы более дифференцированы, чем по урану. Наиболее высокими значениями по радиоактивности выделяются гранитоиды Приморского комплекса и их милониты (среднее:  $43 \text{ г/т}$  тория и  $5 \text{ г/т}$  урана) и кварциты ( $18$  и  $13$ , соответственно). Дифференциация подпочвенного субстрата по содержаниям тория в

почвах приводит к появлению относительно отчетливой зависимости количеств торона в почвах от валового содержания тория в почвах и породах. Отношения торона (радоны-220) к радону-222 в различных почвах колеблется в пределах 9.7 - 0.9, составляя в среднем величину 4.5, что указывает на существенное преобладание торона над радоном.

Картирование точек радоно- и торано-проявлений позволило выделить области повышенного содержания этих газов в почвах, одна из которых приходится на район выхода массива Приморских гранитов, зоны разлома и зоны развития милолитов (среднее течение реки Анги (Ольхонский район)). При средних значениях объемной активности торона  $20 - 60 \cdot 10^3$  Бк/м<sup>3</sup> и радона  $4 - 8 \cdot 10^3$  Бк/м<sup>3</sup> по Ольхонскому району в аномалиях активность торона доходит до  $180 - 350 \cdot 10^3$  Бк/м<sup>3</sup> и радона - до  $60 \cdot 10^3$  Бк/м<sup>3</sup> (Рис.1).

Измерения, проведенные в помещениях населенных пунктов на территории Ольхонского и Иркутского районов в осенний и зимний, наиболее неблагоприятный для радону период, показали наличие высоких содержаний радона и торона. Так в поселке Б.Коты при 30% охвате всех домов (в основном деревянных) средняя объемная активность радона-222 составила 304 Бк/м<sup>3</sup>, а торона - 90 Бк/м<sup>3</sup> (при максимальных значениях до 1000 и 300 Бк/м<sup>3</sup>, соответственно). В пос.Сарма в одном из домов метеостанции содержание радона доходило до 1500 Бк/м<sup>3</sup>.

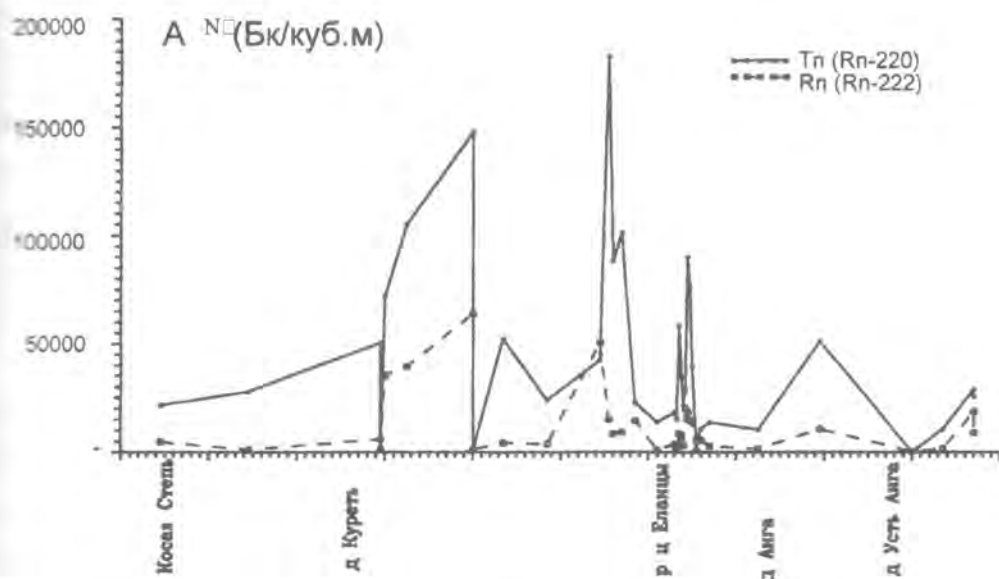


Рис.1. Аномалии активностей Радона-220 и Радона-222 в почвенном воздухе, связанные с тектоническими разломами и выходами радиоактивных пород в Ольхонском районе Иркутской области

Учитывая характер построек, наиболее вероятно предположить, что источником поступления как радона, так и торона в воздух жилых и производственных

строений является почва, грунт, на котором построены эти дома. Среднее соотношение активностей радона и торона в воздухе помещений и подпочвенном воздухе на территории Прибайкалья составило примерно 1/60 и 1/600, соответственно. Таким образом, пример нашей территории показывает, что величина активности торона в помещениях может быть сопоставима и даже превышать в отдельных случаях активность радона-222. Поэтому при проведении радиозэкологических исследований и оценке радиационной обстановки при определенных условиях необходимо учитывать и "тороновый" фактор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р.М.Алексахин, А.К.Гуськова. 42-я Сессия НКДАР ООН. / Информационный бюллетень N7-8.-М.: НИИАтоминформ, 1994.-С.27-33.
2. Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. (Временные критерии ...). -М., 1991.- 18с.

### ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

#### THE PROBLEMS OF ESTIMATION RADON DANGER IN THE IRKUTSK REGION

Синицкий В.В., Непомнящих А. И., Чернов В.В., Бабанов Ф.А.

Иркутский государственный университет, Институт геохимии СО РАН,

Россия, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1 "А"

Многие районы Иркутской области, в частности, Прибайкалье, предгорье Восточных Саян, характеризуются высоким содержанием  $U^{238}$  и  $Th^{232}$  в почвах и горных породах. В этих районах существует вероятность повышенного содержания радона в жилых домах, особенно в одноэтажных, которые составляют основную часть жилого фонда малых городов и поселков Иркутской области и Восточной Сибири в целом. Целью настоящей работы являлось: измерение содержания радона в одноэтажных жилых домах для оценки реального масштаба радоновой опасности в регионе; изучение взаимосвязи содержания радона в жилых помещениях с уровнем естественного радиоактивного фона и содержанием изотопов радона в подпочвенном воздухе; исследование сезонных вариаций концентрации радона в помещениях.

Исследования проводились в п. Белая Зима, расположенного у истоков реки Зима, в предгорьях Саян и в п. Большие Коты, расположенном на северо-западном берегу Байкала. В связи с тем, что п. Белая Зима расположен на территории естественной радиоактивной аномалии ураноториевой природы, в нем проведены се-



ные измерения объемной активности радона и торона практически во всех жилых домах с использованием мгновенных и интегральных методов в следующие периоды: август - сентябрь, октябрь - ноябрь и ноябрь - декабрь.

В обоих поселках обнаружено значительное число жилых домов, с опасным содержанием радона. Особенно неблагоприятна радиоэкологическая обстановка в поселке Белая Зима, в отдельных домах которого эквивалентная равновесная объемная активность радона (ЭРА) превышает  $1000 \text{ Бк/м}^3$ . В табл. 1 приведено общее число и относительное количество домов, в которых ЭРА превышает контрольные уровни, установленные действующими нормативными документами. Расчет среднегодовых значений ЭРА для п. Белая Зима проводился на основании результатов сезонных измерений трековыми радиометрами. При этом зимние значения объемных активностей относились к периоду отопительного сезона. Для п. Большие Коты ЭРА рассчитана на основании мгновенных измерений прибором РГА-11. Коэффициент равновесия между радоном и продуктами его распада в обоих случаях принимался равным 0,5.

Таблица 1

Населенный пункт	п. Белая Зима		п. Большие Коты	
	Количество домов	% к общему количеству	Количество домов	% к обследованному кол-ву
Более $100 \text{ Бк/м}^3$ (Предельно допустимый уровень для новых домов)	106	85,5	8	80
Более $200 \text{ Бк/м}^3$ (Контрольный уровень для домов старой постройки)	56	43,0	5	50
Более $400 \text{ Бк/м}^3$ (Уровень, при котором обязательно отселение жильцов)	19	14,6	нет	нет

Были рассчитаны эффективные эквивалентные дозы, обусловленные радоном и внешним  $\gamma$ -облучением, получаемые жителями п. Белая Зима. В расчетах использовался коэффициент перехода от значений ЭРА к среднегодовой эффективной эквивалентной дозе равный  $0,061 \text{ мЗв}\cdot\text{м}^3 / \text{Бк}\cdot\text{год}$ . В табл. 2 приведены общее и относительное количество домов, в которых радиационные дозы, получаемые обитателями, превышают контрольные уровни.

Объемная активность радона и торона в подпочвенном воздухе п. Белая Зима варьируется в пределах  $1,6\cdot 10^4 - 7,0\cdot 10^5 \text{ Бк/м}^3$  и  $7,7\cdot 10^3 - 1,7\cdot 10^5 \text{ Бк/м}^3$ , соответственно. В поселке Большие Коты эти величины принимают значения в диапазонах

$5,6 \cdot 10^3 - 3,5 \cdot 10^4$  Бк/м<sup>3</sup> и  $8,0 \cdot 10^3 - 2,17 \cdot 10^5$  Бк/м<sup>3</sup>. Видно, что содержание торона в почве обоих поселков примерно одинаково, тогда как содержание радона отличается на порядок. Это свидетельствует о достаточно равномерном распределении материнского тория в почвах и поверхностных грунтах региона.

Таблица 2

Эффективные эквивалентные дозы, получаемые в домах п. Белая Зима	Количество домов	
	Общее количество	В % к общему количеству
Более 5 мЗв/год (Территории с чрезвычайной экологической ситуацией)	109	96,5
Более 10 мЗв/год (Зоны экологического бедствия)	73	64,6

В пределах одного населенного пункта наблюдается устойчивая корреляция между содержанием радона и торона в подпочвенном воздухе и их содержанием в домах. Средние отношения концентраций торона в почве и помещениях обоих поселков приблизительно равны и составляют  $8 \cdot 10^2$ . Среднее отношение концентраций радона в почве и помещениях п. Белая Зима составляет  $4 \cdot 10^2$ , в п. Большие Коты -  $5 \cdot 10^1$ . Такое различие, по-видимому, обусловлено тем, что скорость эксхалляции торона, вследствие его малого периода полураспада, определяется поверхностным слоем грунта и поэтому слабо зависит от его типа. Эксхалляция же радона вследствие существенно большего времени жизни последнего, определяется процессами диффузии через поверхностные слои грунта значительной толщины и поэтому существенно зависит от его характеристик, которые в исследованных поселках существенно различны.

Это связано с повышенным содержанием  $U^{238}$  и  $Th^{232}$  в коренных породах и грунтах на территории поселка. Распределение содержания радона в подпочвенном воздухе хорошо коррелирует с распределением мощности дозы  $\gamma$  - излучения. В других населенных пунктах, где мощности  $\gamma$  - излучения не слишком отличаются от средних региональных значений, четкой корреляции между мощностью  $\gamma$  - излучения и содержанием радона в почве не наблюдается.

Сезонные вариации ЭРА радона и торона в жилых помещениях исследованы в п. Белая Зима. Зимние концентрации радона приблизительно в два раза превышают летние. Это отношение сохраняется как для мгновенных, так и для интегральных измерений. Обычно такие различия связывают с разной скоростью воздухообмена в помещениях в летний и зимний периоды. Результаты, полученные нами в ходе интегральных измерений осенью, мало отличаются от летних, хотя большая часть осеннего цикла измерений приходится на период отопительного сезона. Это



связывает на то, что отличие летних и зимних содержаний радона в одноэтажных домах может быть связано с промерзанием грунта. В нашем случае начало промерзания грунта как раз приходится на конец осеннего цикла измерений.

Сезонные вариации объемной активности торона в помещениях незначительны. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, вследствие малого периода полураспада этого изотопа, он поступает в жилые помещения из верхнего слоя грунта находящегося непосредственно под домом. Состояние этого слоя не испытывает существенных сезонных изменений. Во-вторых, вследствие того же обстоятельства, стационарное содержание торона в помещении определяется динамикой процессов его поступления и распада, а не процессов поступления и воздухообмена помещений с внешней атмосферой, как это имеет место в случае с радоном.

Важным результатом является тот факт, что концентрация торона в одноэтажных домах может принимать опасно высокие значения и ее необходимо учитывать при оценке радоновой опасности жилых помещений. В п. Белая Зима объемная активность торона в домах достигает  $10^3$  Бк/м<sup>3</sup>, а ее среднее значение составляет 200 Бк/м<sup>3</sup>. Нами проведена оценка вклада в эффективную эквивалентную дозу, который может давать торон в наблюдаемых концентрациях. При этом коэффициент равновесия между тороном и его дочерними продуктами полагался равным 0,1, а коэффициент, связывающий ЭРА с эффективной дозой, равным  $0,23 \text{ мЗв}\cdot\text{м}^3 / \text{Бк}\cdot\text{год}$ . Согласно этой оценке, вклад торона в эффективные дозы, получаемые жителями п. Белая Зима, принимает значения в диапазоне 1 - 20 мЗв/год и в среднем составляет около 30% вклада радона.

## СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ РАДИАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ АЭРОИОНАМИ

### REDUCTION OF THE RADIATIONAL LEVEL TO THE ATMOSPHERE OF PREMISES AND ROOMS BY NEGATIVE AIRIONS

Кузнецов А.Г., Угаров В.А.

ВСЕГЕИ, Россия, г. С.-Петербург

1. Проблема защиты биологических объектов и, в первую очередь, человека от вредного влияния повышенных концентраций радона в воздушной среде приобрела в настоящее время первостепенное значение. Известно, что более 60% суммарной годовой эквивалентной дозы ионизирующего облучения человека обусловлено излучением природных радионуклидов, при этом более 50% облучения вызывается дочерними продуктами радиоактивного распада радона (ДПР). Влия-

ние радона и ДПР на биологические объекты проявляется, прежде всего, при загрязнении ими воздушной среды жилых и производственных помещений.

2. Для защиты и дезактивации помещений от повышенных концентраций радона и ДПР в настоящее время применяются различные приемы: выявление, возможная локализация и нейтрализация источников поступления радона, герметизация помещений с использованием различных полимерных покрытий, битумно-латексных эмульсий, торкрет-бетонов и т. п., создание в них постоянно действующей принудительной обменной вентиляции или даже полное перепрофилирование помещений с высоким уровнем радиации. Как правило, перечисленные выше традиционные приемы снижения радиационной загрязненности воздушной среды помещений требуют довольно значительных экономических затрат и не во всех случаях оказываются достаточно эффективными.

3. Как известно, изотопы радона и ДПР находятся в воздухе в виде двух различных по свойствам форм: - в виде свободных атомов и групп молекул или положительно заряженных ионов; - в виде атомов, осевших на аэрозольные частицы (ядра конденсации).

Большая часть объемной активности ДПР обусловлена второй формой их нахождения в воздушной среде, т. е. в значительной степени определяется степенью аэрозольной загрязненности воздуха.

Можно полагать, что в результате уменьшения количества аэрозольных частиц в воздушной среде помещений с повышенными концентрациями ДПР их объемная активность должна снизиться. Для уменьшения количества аэрозолей успешно применяются генераторы отрицательных ионов (люстра Чижевского), в результате работы которых помещения заполняются переменными количествами легких отрицательных аэроионов, благотворно влияющих на жизнедеятельность вообще всех биологических объектов. При генерации отрицательных ионов в "загрязненный" радоном воздух, наряду с уменьшением концентрации ДПР, находящихся на аэрозольных частицах, можно ожидать проявления эффекта нейтрализации и более активного присоединения к ядрам конденсации положительно заряженных ионов радия А и радия В.

4. Предварительные результаты проводимых нами работ по исследованию различных типов генераторов отрицательных ионов на уменьшение эквивалентной равновесной объемной активности радона в различных помещениях и изменении соотношений объемных активностей отдельных ДПР подтверждает сформулированные выше теоретические предпосылки. Наши работы в настоящее время продолжаются, и в ближайшем будущем мы надеемся получить обширный и достаточно убедительный материал по ряду вопросов, связанных с существом упомянутых в настоящем сообщении явлений.

Мы полагаем, что продолжение работ в указанном направлении позволит разработать технические требования и создать совместно с заинтересованными организациями соответствующую аппаратуру для существенного снижения радионормы в помещениях с высоким уровнем радиации воздушной среды.

## **РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ RADIOECOLOGICAL PROBLEMS OF OIL DRILLING SITES**

Поляков В.И.

Научно-исследовательский институт проблем атомных реакторов,  
433510, Россия, Ульяновская область, Димитровград, 10, тел.(84235) 3-27-27,  
Факс 8-8423564177, KSV@OFIBR.NIIAR.Simbirsk.SU

Приведены некоторые результаты исследований радиоактивности на нефтепромыслах Ставропольского края, дан анализ источников и распределения радионуклидов в оборудовании и окружающей среде (ОС), выполнены оценки радиационной опасности нефтедобывающего комплекса. Добыча нефти сопровождается подъемом на поверхность земли долгоживущих изотопов Ra-226 и Ra-228 с продуктами их распада активностью сотни ГБк. При отсутствии радиационного контроля за годы эксплуатации происходит распространение радия в ОС: в почве (поля, парения, проливы), на подворьях населения (трубы с радий-содержащими солями). Поступление в ОС изотопов радия составляет 57 кБк на тонну добытой нефти и общее радиозэкологическое воздействие нефтепромыслов на ОС в тысячи раз превышает воздействие АЭС. Известные данные о радиоактивном загрязнении на нефтепромыслах в других регионах свидетельствуют об общности проблемы, необходимости контроля и ограничения распространения радионуклидов.

## **ПРОБЛЕМА РАДОНООПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ PROBLEM OF THE RADON-DANGE FOR OIL-BEARING REGIONS**

Кузнецов А.Г., Угаров В.А.

ВСЕГЕИ, Россия, г. С.- Петербург

В 20-х годах нашего столетия была открыта повышенная радиоактивность местовых вод нефтяных месторождений Печорского края, а в 1932 году В. И. Вернадский и В. Г. Хлопин уже подводили итоги работ по изучению содержания

радия в буровых водах различных нефтяных районов бывшего СССР. При этом было установлено, что средние концентрации радия в буровых водах обследованных нефтяных месторождений колеблются в пределах  $(3-8) \times 10^{11}\%$ , а его максимальные концентрации достигают  $183 \times 10^{11}\%$  в пластовых водах Ухтинского нефтяного месторождения. В 1940 году А. Е. Ферсман на общем собрании Академии наук сообщил, что начал действовать крупный завод по извлечению радия из нефтеносных вод со средним содержанием его  $40 \times 10^{11}\%$ . В 50-х годах в связи с открытием новых типов крупных месторождений урана различного генезиса получение радия из пластовых вод нефтяных месторождений, в основном, было прекращено, а соответствующие заводы были перепрофилированы.

Одним из таких примеров может служить Ухтинский район Коми Республики, где до 1956 года действовал радиевый завод по извлечению металла из пластовых вод нефтяного месторождения. При этом радиоактивные углеводородные воды подавались на завод по весьма несовершенным открытым желобам, а отходы производства специально не захоранивались. После прекращения производства радия, на заводе стали выпускать другую продукцию, участки с радиоактивными отходами были засыпаны привозной землей и со временем на этой площади вокруг завода вырос крупный поселок. Однако в последние годы на территории завода и в поселке были выявлены локальные участки с высокой гамма-активностью, появились сведения о повышенной онкозаболеваемости местного населения.

По предложению Коми Научного Центра РАН нами были проведены в ограниченном объеме работы по оценке радиационного состояния воздушной среды жилых и производственных помещений этого завода и поселка. Было обследовано 60 объектов, включающих производственные предприятия (9), социально-бытовые и культурные учреждения (12), учебные заведения (2), медицинские учреждения (2), квартиры и подвалы жилых домов (35). В 202 помещениях этих объектов проведены определения радона и его дочерних продуктов распада. Если наиболее низкие, фоновые, концентрации радона в воздухе отдельных помещений поселка составляли  $2-8 \text{ Бк/м}^3$ , то максимальные его концентрации, зафиксированные в помещениях бывшего радиевого завода, достигали на первых этажах  $300-600 \text{ Бк/м}^3$ , а в подвалах -  $2100-7500 \text{ Бк/м}^3$ . В результате из 202 обследованных помещений в 150 установлены аномальные концентрации радона ( $>40-50 \text{ Бк/м}^3$ ), а в 8 из них - концентрации его выше ПДК. Причем мы исходили из принятого в России уровня ПДК по радону -  $200 \text{ Бк/м}^3$ . Если же ориентироваться на нормы ПДК по радону в западных странах -  $80-100 \text{ Бк/м}^3$ , то доля помещений с концентрациями радона выше ПДК значительно возрастет. Кроме помещений с установленной аномальной концентрацией радона в воздухе, выявлены помещения потенциально радоноопасные с высокой скоростью поступления в них радона ( $>200 \text{ Бк/м}^3 \cdot \text{час}$ ).



В ходе проведенного одновременно радиометрического обследования тех же и многих других помещений (всего 1500) установлено около 150 объектов с высокой радиоактивностью, в том числе 30 аномальных (>50 мкр/час), 7 очагов радиационного загрязнения (>120 мкр/час с максимумом в 1800 мкр/час) и многочисленные локальные источники ионизирующих излучений.

По каждому из обследованных объектов и помещений, в которых установлены аномальные значения радиационного фона, составлены заключения и даны конкретные рекомендации по снижению радиационной опасности.

Проведенное обследование в весьма ограниченном объеме одного из участков развития радиеносных вод Ухтинского нефтегазоносного района наглядно свидетельствует о природной и техногенной радиационной опасности для проживающего там населения. Из этого следует, что проблема радоноопасности для человека должна быть рассмотрена и оценена в отношении всех нефтегазоносных районов страны. С этой целью должен быть проведен ретроспективный анализ наземных и воздушных радиометрических съемок по нефтегазоносным районам РФ для выявления структур и участков с повышенной радиоактивностью. Затем на них следует провести детальные радиометрические съемки, по результатам которых могут быть определены конкретные населенные пункты для последующей оценки в них степени радоноопасности для местного населения. Однако оценка радиационного состояния воздушной среды в помещениях таких населенных пунктов должна носить комплексный характер, т. е. сочетаться с радиометрическим обследованием помещений и территорий агломераций, чтобы выявлять источники поступления радона.

**ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ: РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**  
UNDEGRAUND NUCLEAR EXPLOSIONS OF OIL DEPOSITS PERM REGION:  
RADIOECOLOGICAL ASPECTS

Бачурин Б. А.

Горный институт УрО РАН, 614007, г.Пермь, ул.К.Маркса, 78-а,  
тел. (3422) 64-09-86 факс, (3422) 64-09-69, E-mail bba@mine.perm.su

В период 1969-1987 гг. на Осинском (объект "Грифон") и Гежском ("Гелий") нефтяных месторождениях, расположенных в Пермской области, осуществлено 7 подземных ядерных взрывов (ПЯВ). Официальной целью данных экспериментов являлось изучение возможности повышения нефтеотдачи пластов и интенсифика-

ции добычи нефти методом ядерно-взрывной технологии. Район Осинского нефтяного месторождения относится к категории плотнозаселенных, с широким использованием земель в сельскохозяйственном обороте. Наиболее крупный населенный пункт - г.Оса (население более 25 тыс.чел.) расположен в 6 км от боевых скважин. Многочисленные малые водотоки, дренирующие территорию месторождения, впадают в р.Каму (Воткинское водохранилище). Грунтовые пресные воды широко используются населением для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Два подземных ядерных взрыва на данном месторождении были произведены на глубинах 1208 м и 1212 м в водонасыщенной части пласта, подстилающей нефтяную залежь. В 1975-76 гг. в районе взрывов были пробурены две прокольные скважины, стволы которых прошли на расстоянии 2-5 м от боевых скважин. Первый выход радионуклидов на поверхность зафиксирован в 1977 г. после проведения солянокислотной обработки одной из прокольных скважин, что привело к аварийному выбросу флюидов, содержащих радионуклиды (третий, цезий-137, стронций-90, кобальт-60, сурьма-125, рутений-106) с суммарной объемной активностью до  $10(3)$  Бк/л. Максимальные мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на приустьевой площадке данной скважины достигали 4,5 мР/ч. К этому же периоду относится появление радионуклидов (РН) в продукции ряда добывающих скважин: максимальная активность (Ки/л) цезия-137 -  $1,6 \cdot 10(-5)$ , стронция-90 -  $1,1 \cdot 10(-6)$ , трития -  $1,4 \cdot 10(-4)$ . В последующие годы произошло расширение ареала загрязнения нефтяной залежи радионуклидами с выходом на всю центральную и северную часть месторождения, что связывается с использованием для поддержания пластового давления загрязненной подтоварной воды. За весь послевзрывной период эксплуатации месторождения присутствие РН (одноразовое, периодическое или постоянное) зафиксировано в продукции более 240 скважин. Проведенный комплекс геофизических и геохимических исследований показал, что осуществление ПЯВ привело к нарушению герметичности ряда эксплуатационных скважин и формированию зон техногенной трещиноватости, обусловивших неконтролируемую миграцию загрязненных флюидов в перекрывающие залежь отложения и формирование в данной части разреза вторичных очагов радиоактивного загрязнения. Результаты радиозоологического обследования территории Осинского нефтяного месторождения показали наличие поверхностных очагов радиоактивного загрязнения, приуроченных к нефтепромысловым объектам (арматура устья скважин, замерные и сепарационные установки почвы и грунты промплощадок). Уровень гамма-излучения отдельных очагов загрязнения достигает 300-3000 мкР/ч; мощность поглощенной дозы - 1,3-3 мбэр/ч; содержание в почвах цезия-137 - 12500-62000 Бк/кг, стронция-90 - 40-65 Бк/кг. Отмечаемое в отдельных случаях распространение радиоактивного загрязнения за пределы площадок нефтепромысловых объектов связано с аэральным переносом и поверх-

ственным смывом РН и аварийными утечками загрязненной продукции. Отмечена тенденция накопления значительных количеств техногенных радионуклидов в нефтьзагрязненных донных отложениях, имеющих широкое распространение практически во всех малых реках района. Установлено присутствие радионуклидов в поверхностных и подземных водах, причем в центральной части месторождения отмечается сочетание радиоактивного, хлоридного и органического загрязнений. Гежское нефтяное месторождение расположено в относительно малонаселенном таежном районе. Наиболее крупный населенный пункт - г. Красновишерск (население 19 тыс. чел.) расположен в 17 км от месторождения. Месторождение является многоступенчатым: в разрезе выявлено 5 залежей, две из которых находятся в разработке. Подземные ядерные взрывы проведены в 5 скважинах на глубине 2015-2090 м в нефтенасыщенной части разреза франско-фаменско-турнейской залежи. Залежь в настоящее время разрабатывается на естественном режиме без поддержания пластового давления, в связи с чем отмечается его снижение в районе добывающих скважин на 4-12 МПа по сравнению с первоначальным. Учитывая, что расположенная в вышележащей части разреза башкирская залежь эксплуатируется с применением внутриконтурного заводнения, возникает угроза вертикальных перетоков воды в полости взрывов по дефектным скважинам и зонам макротрещиноватости. По имеющимся в настоящее время данным выхода значительных количеств радиоактивных веществ из полостей взрывов не произошло. Начальная степень загрязненности продукции технологических скважин характеризовалась следующими значениями: содержание трития в нефти -  $n 10(7)$  Бк/л, в газе -  $n 10(5)$  Бк/л; содержание стронция-85 -  $1-5 \cdot 10(3)$  Бк/л. При освоении технологических скважин большая часть радиоактивных газообразных радионуклидов, связанных с попутным газом, выпущена в атмосферу. К настоящему времени содержание трития в нефти снизилось до  $(0,3-6,0) \cdot 10(3)$  Бк/л, в попутном газе - до  $3 \cdot 10(2)$  Бк/л, что на несколько порядков ниже ДК. Радиационного загрязнения поверхностных объектов (почв, грунтов, вод) не зафиксировано. Вместе с тем, анализ сложившейся в недрах ситуации (снижение пластового давления, появление в продукции некоторых скважин воды, наличие зон повышенной проницаемости осадочного чехла, некачественный цементаж ряда скважин) не позволяет исключить вероятность такого загрязнения в будущем.

Максимальная по тяжести аварийная ситуация может сложиться в случае проникновения воды в полости взрыва и выноса в залежь и на поверхность таких радионуклидов, как цезий-137 ( $4-5 \cdot 10(7)$  Бк/куб.м) и стронций-90 ( $2-7 \cdot 10(7)$  Бк/куб.м). В этом случае процесс приобретет неуправляемый характер и повторится ситуация, аналогичная Осинскому месторождению.



Анализ всей накопленной информации по подземным ядерным взрывам в нефтяных месторождениях Пермского Прикамья позволяет сделать следующие выводы:

1. Объекты реализации проектов ядерно-взрывной технологии представляют собой зоны потенциального риска неконтролируемого радиоактивного загрязнения окружающей природной среды.

2. Значительный объем образовавшихся радионуклидов, сконцентрированный в полостях взрывов, позволяет классифицировать их как "могильники" радиоактивных отходов длительного функционирования. Это определяет необходимость разработки для данных объектов особого режима, гарантирующего их изоляцию от окружающей геологической и природной среды.

3. Мнимая экономическая эффективность данных экспериментов по интенсификации добычи нефти многократно перекрывается затратами на обеспечение радиационной безопасности и рекультивацию загрязненных объектов.

## **РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

### **RADIOECOLOGICAL PROBLEMS OF BAIKAL REGION**

Непомнящих А.И., Удодов Ю.Н.\*, Шивторов И.В.\*\*, Пампура В.Д., Черняго Б.П., Малевич Л.В.\*\*, Малевский А.Л.\*, Дедова Л.И.\*

Институт геохимии им.А.П.Виноградова СО РАН, \* Облкомприроды,

\*\* Государственное геологическое предприятие "Сосновгеология",

E-mail: ainep@igc.irkutsk.su

Вопрос о влиянии сравнительно небольших доз ионизирующего излучения на состояние здоровья населения относится к наиболее актуальным в современной радиобиологии. В настоящее время такие исследования сконцентрированы в районах, подвергшихся радиационному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, в районах, прилегающих к комбинату "Маяк" в Челябинской области и в районе Алтайского следа Семипалатинского полигона ядерных взрывов. В то же время имеются и другие районы, где уровень радиации существенно выше обычных среднемировых значений. Одним из таких мест является территория, прилегающая к озеру Байкал, где высокий уровень природного фона сочетается с техногенным загрязнением.

Высокий природный фон обусловлен наличием пород, в различной степени обогащенных ураном и торием, что определяет повышенные уровни гамма-фона и содержания радона в воздухе. Наличие большого количества разломов, обусловленных рифтовой природой озера Байкал, приводит к повышенному радоноделению и увеличению радоновой опасности.

Техногенное загрязнение обусловлено, прежде всего, деятельностью предприятий по добыче и переработке урана. Другой источник радиоактивного загрязнения Прибайкалья - это радиоактивные осадки от наземных и воздушных ядерных взрывов, которые проводились на Семипалатинском и других полигонах. Об этом свидетельствуют имеющиеся сведения о направлении воздушных потоков во время проведения испытаний, отрывочные данные метеостанций и геологических партий о резком кратковременном (от нескольких дней до месяца) повышении гамма-фона и обнаруженные в Прибайкалье места с повышенными содержаниями Cs-137 и Pu-239,240. Кроме того, на территории Иркутской, Читинской областей и Якутии было проведено несколько "невоенных" ядерных взрывов с различными целями. Влияние этих взрывов на экологическую обстановку Байкальского региона практически не исследовано.

В результате многолетних геологоразведочных работ по поиску урана, а также радиозоологических исследований, выполненных в последние годы, выявлено большое количество мест с повышенным природным фоном. В частности, это почти все побережье озера Байкал, отдельные районы в г. Улан-Удэ и его окрестностях, районы в Читинской области. Яркими примерами мест, где высокий природный фон сочетается с высоким уровнем техногенного загрязнения, являются пос. Октябрьский и г. Балей в Читинской области, пос. Белая Зима в Иркутской области. Поселок Октябрьский расположен над крупнейшим уран-молибденовым Стрельцовским месторождением. В мировой практике это единственный случай, когда над отработываемым месторождением урана постоянно находится не только обслуживающий персонал, но и проживает более 3 тыс. человек. Фактически поселок находится в санитарно-защитной зоне, где, согласно нормативным документам, запрещено проживание людей. Использование горной массы с отвалов шахт и карьеров в качестве строительных материалов привело к тому, что мощность гамма излучения в жилой части поселка составляет 150 - 3000 мкР/ч. Практически во всех домах содержание радона превышает предельно допустимое значение 200 Бк/м<sup>3</sup>, в 75 квартирах активность радона более 1000 Бк/м<sup>3</sup>, в 10 квартирах более 3000 Бк/м<sup>3</sup>. Город Балей (50 тыс. жителей) расположен на границе высокорadioактивного разлома с мощностью гамма-излучения до 90 мкР/ч. В северной части города локализовано месторождение урана "Золотая горка". На западной окраине города разрабатывались россыпи ториевых минералов (монацитов), что создало обширную техногенную зону радио-

активного загрязнения с мощностью гамма-излучения в отдельных местах до 3000 мкР/ч. В городе выявлены многочисленные факты использования монацитового песка в качестве строительного материала, что привело к тому, что мощность гамма-излучения во многих жилых помещениях составляет 200 - 300 мкР/ч. Поселок Белая Зима в Иркутской области расположен тоже прямо на месторождении редких металлов с проявлениями урано-ториевой минерализации. Содержание радона во многих жилых домах превышает 1000 Бк/м<sup>3</sup>. Поселок просто необходимо переселять на новое место.

Отличительной особенностью характера воздействия ионизирующего излучения на население Байкальского региона является его продолжительность (для многих лиц на протяжении всей жизни) и неравномерность во времени. В связи с этим особое внимание необходимо уделять реконструкции радиационной обстановки в регионе, начиная с момента проведения первых ядерных взрывов. В настоящее время работы такого типа проводятся для территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС и в районе Алтайского следа Семипалатинского полигона. При этом используются как теоретические расчеты радиационной обстановки на местности, так и прямые методы измерения доз, полученных различными группами населения за определенное время. Для теоретических расчетов используются данные о содержании радионуклидов в настоящий момент времени (прежде всего Cs-137) и имеющиеся сведения об источнике загрязнения. Прямые методы измерения доз используют способность многих материалов (кварц, фарфор, стекло) запасать энергию ионизирующего излучения и выделять часть ее в виде термостимулированной люминесценции при последующем нагреве в лабораторных условиях. Следует отметить, что методы реконструкции доз (особенно это относится к прямым методам измерения доз) находятся в стадии разработки и требуют дополнительных исследований при переходе от одних условий облучения к другим.

Другой особенностью радиационной обстановки Байкальского региона является одновременное воздействие различных видов ионизирующего излучения альфа-излучения радона и продуктов его распада, бета-излучения Cs-137 и Sr-90 накопленного в результате глобального и тропосферного переносов радиоактивных продуктов от наземных ядерных взрывов, гамма-излучения естественных и техногенных радионуклидов. Это приводит к тому, что в зависимости от соотношений между радионуклидами в настоящем и прошлом времени различные органы или группы органов человека будут являться критическими и будут определять эпидемиологию того или иного района.

Нами выявлены закономерности распределения радоно- и торон- проявлений в районах с различным геологическим строением и типами ландшафтов. Установлен ряд геолого-геохимических признаков проявления радон-тороновых

омалий, позволяющих выделять районы потенциального радонового риска. На основании этого планируется провести районирование территории Байкальского региона по радоновому риску.

По полученным данным средние величины объемных активностей радона и прона в подпочвенном воздухе составляют около  $5 \cdot 10^3$  и  $3 \cdot 10^4$  Бк/м<sup>3</sup>, соответственно. Используя примерные соотношения для активностей радона в почве и воздухе помещений, а также прямые измерения, можно заключить, что концентрация радона в помещениях в целом ряде населенных пунктов Иркутской области будет превышать ПДК (200 Бк/м<sup>3</sup>). При прямых измерениях в помещениях населенных пунктов бережной территории Прибайкалья, например в Сарме, Еланцах, Курети, Малом и Большом Голоуостном, Больших Котах нами обнаружены аномально высокие концентрации радона (в 28% измерений концентрации радона превышают 200 Бк/м<sup>3</sup>).

Учитывая вышеизложенное, становится очевидным, что главной в радиологическом отношении для Байкальского региона является проблема Радона. И необходимо решать так, как это делается во всем мире.

По загрязнению почв Прибайкалья Cs-137 можно сделать следующее заключение:

1. В целом по Прибайкалью уровни загрязнения почв цезием-137 не превышают 0.2 Ки/км<sup>2</sup>. Это говорит о том, что современная радиационная обстановка на территории Прибайкалья (Ольхонский и Иркутский районы) не опасна для проживающего населения и не накладывает никаких ограничений для ведения всех видов хозяйственной деятельности.

2. Однако эти данные позволяют выделить участки, на которых величины поверхностной активности цезия-137 в два - три раза превышают уровень глобального фона. Учитывая это, становится понятным, что, по-видимому, наблюдается тропосферный транс-региональный перенос радиоактивных продуктов (ПРП) земных ядерных взрывов (наиболее вероятен ПРП от взрыва 1953 года на Семипалатинском полигоне). Поэтому чрезвычайно важно провести ретроспективную оценку доз, полученных населением Байкальского региона, и увязать ее с показателем здоровья населения.

**ПРОБЛЕМЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА РАДИОАКТИВНОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ГЛОБАЛЬНЫЙ ФОН,  
ЛОКАЛЬНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ)**

**PROBLEMS OF RETROSPECTIVE ANALYSIS OF RADIATION POLLUTION IN SOUTH  
OF WEST SIBERIA (GLOBAL BACKGROUND, LOCAL FALLOUT)**

Сухоруков Ф.В.

ОИГГМ СО РАН Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

Техногенные долгоживущие радиоизотопы появились впервые в окружающей среде полвека назад после взрывов ядерных бомб в 1945 году. Теперь, изначально чуждые биосфере, они распространены повсюду, и любое самое малое их количество в компонентах окружающей среды должно определяться термином - загрязнение. Кроме повсеместного (глобального) загрязнения на территории России Казахстана, Белорусии выявлены районы, загрязненные локальными выпадениями радиоактивных осадков, связанных с конкретными взрывами и авариями. Уровень локальных загрязнений в разы превосходит глобальный фон.

I. Ретроспективное восстановление радиационной обстановки, обусловленной загрязнениями техногенными радионуклидами территории юга Западной Сибири за счет локальных выпадений во время проведения наземных испытаний на Семипалатинском полигоне (Полигоне) в 1949-1962 годах, сопряжено со многими трудностями. Они выявились при проведении работ в Алтайском крае, наиболее пострадавшем по сравнению с другими территориями юга Сибири от испытаний ядерных устройств на Полигоне.

II. Решение этой проблемы опиралось на:

а) сбор всех архивных материалов геолого-поисковых организаций, занимавшихся в те годы специализированными и попутными поисками радиоактивного сырья ("Березовгеология", "Запсибгеология" и др.); в отчетах геологов приводились косвенные данные о внезапных повышениях радиационного фона на территориях Алтайского края, Республики Алтай, Новосибирской области. Несмотря на качественный их характер - они имели на первых этапах исследований, когда отрицался сам факт былых загрязнений, большое значение для обоснования необходимости проведения других видов исследований;

б) поиск материалов по измерениям  $\beta$ -активностей и данных радиационной разведки после взрывов в архивах Полигона и в архивах других специализированных учреждений. Это привело к выявлению более пяти десятков взрывов, шлейфы от которых распространялись в направлении Алтайского края и других районов Западной Сибири;

в) математическое моделирование распространения облаков и выпадения из радиоактивных осадков на основе архивных материалов по гидрометеорологическим данным по характеру и мощности взрывов и с учетом данных радиационных звездок;

г) изучение современного уровня плотности загрязнения целинных почв и других компонентов территории долгоживущими радиоизотопами ( $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) - свидетелями былых загрязнений с последующим расчетом ретроспективных доз внешнего облучения (3). Результаты этих исследований, охвативших площадь всего Алтайского края, Республики Алтай, некоторых районов Новосибирской и Кемеровской областей, кроме выявления загрязненных площадей, стимулировали поиски архивных материалов радиационной разведки по  $\beta$ -выпадениям и  $\gamma$ -фону после конкретных взрывов на Полигоне.

III. Пока не существует надежных методов оценки вкладов глобальных и локальных выпадений в общее загрязнение рассматриваемых территорий (удаленных более, чем на 150-200 км от эпицентров взрывов), основанных на измерениях активностей долгоживущих изотопов или их соотношений (1,4). Это, однако, не является принципиальным ограничением при решении вопроса о вкладе глобальных выпадений в общее загрязнение радионуклидами юга Сибири.

Ранее проведенные измерения и расчеты по глобальным выпадениям на территории СССР (1) по данным аэрогаммаъемки территории СССР (2) и экспертные оценки, выполненные в рамках работ по программе "Полигон", позволяют приписать на 1995 год за глобальный фон для степной и предгорной частей Западной Сибири значение в  $50 \text{ мКи/км}^2$ . В согласии с этим находится наша оценка глобальной и локальной составляющей запасов цезия в почвах Алтайского края. Она равна  $65 \text{ мКи/км}^2$  (5).

На этом фоне отчетливо выделяются площади (пятна) разных размеров с плотностью запасов  $^{137}\text{Cs}$  в 2-3 и более раз выше фона. Наибольшая частота их наблюдается в Алтайском крае.

Существует прямой экспериментальный путь оценки нынешнего глобального фона - измерения плотности загрязнения радиоцезием в районах, не затронутых глобальными выпадениями. К сожалению, в пределах изученных территорий таких районов сколько-нибудь значительных размеров (сотни  $\text{км}^2$ ) при достаточной плотности наблюдений выявить не удалось, и нужно расширить площади обследования с привлечением в изучение Омской, Тюменской и Курганской и прилегающих областей Северного Казахстана. Эти территории, как стало известно, мало захватывались или вовсе не захватывались локальными выпадениями от Семипалатинских взрывов и, очень вероятно, от взрывов на Северном полигоне.

При отсутствии данных радиационной разведки по многим взрывам сразу после их проведения за пределами Полигона, редкой сети станций по измерениям  $\beta$ -выпадений, на которых фиксировались повышения  $\beta$ -активностей аэрозольных осадков, увязанные по времени с конкретными взрывами, самым надежным методом установления былых загрязнений от локальных выпадений является измерение плотности запасов радиоцезия и радиостронция в целинных почвах. Главным достоинством этого метода, наряду с малыми затратами, является возможность проверки полученных результатов, а также, в случае необходимости, их детализации (3,5). Надежность оценок площадного распространения и уровней радиоактивного загрязнения при таком подходе определяется в значительной мере информативностью мест опробования целинных почв. Основными факторами, определяющими уровень удержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах и, следовательно, их информативность на загрязнение радионуклидами, являются: степень сохранности почвенного покрова; положение участков целинных почв в рельефе; качество дернового слоя; радиационная емкость почв; аккумуляция почвенного материала; природные геоморфологические и механические барьеры.

IV. Нынешний уровень суммарного (от локальных и глобальных выпадений) загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  территории юга Западной Сибири сопоставим или ниже по активности с природными радионуклидами и угрозы здоровью населения не представляет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Силантьев А.Н., Шкуратова И.Г. Обнаружение промышленных загрязнений почвы и атмосферных выпадений на фоне глобального загрязнения. -Л.: Гидрометеоиздат, 1983.- 136 с.
2. Михонько К.П., Работнова Ф.А., Волокитин А.А. Оценка загрязнения почв цезием-137 на территории СССР в 1988 году. Атомная энергия, т.68, 1990.-С. 262-264.
3. Лагутин А.А., Гончаров А.И., Гамаюнов К.В., Прокофьев О.Н., Смирнов О.А. Ретроспективная оценка эффективных доз внешнего облучения от локальных выпадений ядерных взрывов по величине осадка цезия-137. Научно-практический журнал "Ядерные испытания. Окружающая среда. Здоровье населения." Барнаул 1994, №4.-С. 41-59.
4. Израиль Ю.А., Стукин Е.Д., Цатуров Ю.С. О возможности идентификации радиоактивных осадков ядерных взрывов и реконструкции доз облучения населения с использованием анализа долгоживущих радионуклидов. Метеорология и гидрогеология, 1994, №12.-С. 5-12.



5. Гавшин В.М., Сухоруков Ф.В., Маликова И.Н. и др. Распределение радионуклидов на территории Алтайского края В кн.: Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края. Барнаул, 1993, том I, книга I.-С.34-72

## РАДИОЦЕЗИЙ И СТРОНЦИЙ-90 В КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЛТАЙСКОГО РЕГИОНА

### RADIOCAESIUM AND STRONTIUM-90 IN THE ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF ALTAI REGION

Сухоруков Ф.В., Гавшин В.М., Маликова И.Н., Ковалев С.И.

ОИГГМ СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

Территория Алтайского края более, чем другие регионы Западной Сибири, подвергалась радиоактивному загрязнению в период проведения наземных испытаний ядерных устройств на Семипалатинском полигоне. На фоне глобальных радиоактивных выпадений здесь обнаружены многочисленные пятна (очаги) с остаточным уровнем загрязнения долгоживущими  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , в 2-3 и более раз превышающим глобальный фон. Глобальный фон  $^{137}\text{Cs}$  в целинных почвах края, оцененный различными методами, равен  $50 \text{ мКи/км}^2$  (на 1995 г.).

В процессе работ по программе "Полигон" в 1992-1995 годах авторам удалось дать надежные оценки запасов  $^{137}\text{Cs}$  и в меньшей мере для Sr-90 целинных почв в практически всей территории края. Работы проводились в рамках целевых станций программы, и этим определялась разная плотность наблюдений в различных частях края.

В результате (по данным около 1000 точек наблюдения) построена карта распределения пространственного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвах края (рис.1), которое позволяет утверждать, что во многих случаях пятна с высокой активностью  $^{137}\text{Cs}$  связаны с расчетными контурами радиоактивных выпадений, внесших наибольший вклад в былые загрязнения территории (взрывы 29.08.1949 г.; 07.08.1962 г.). Это находится в согласии с мнением о необходимости оценки вкладов в загрязнения и других взрывов.

Наибольшая плотность опробования почв достигнута в Змеиногорском, Кузнецком и частично в Рубцовском и Поспелихинском районах. Здесь большой процент площадей характеризуется запасами  $^{137}\text{Cs}$ , превышающими глобальный фон в 3 раза. Доказан бимодальный характер распределения запасов цезия-137 в целинных почвах этих районов (314 точек) (рис. 2). Это позволило независимым методом корректно подтвердить уровень глобального фона ( $50-60 \text{ мКи/км}^2$ ). Второй мак-

симум ( $110-120 \text{ мКи/км}^2$ ) соответствует средней остаточной плотности от локальных выпадений. Вероятно, при достижении детальности наблюдений, близкой к 15 точкам на  $1000 \text{ км}^2$  в других районах края, затронутых локальными выпадениями, будут получены аналогичные картины распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвах.



Изучение распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных профилях показывает, что  $^{137}\text{Cs}$  сосредоточен на 95% в верхних  $20^{\text{ти}}$  см, а 50% его связано с дерновым 5 сантиметровым горизонтом.

Вклад Чернобыльских выпадений, установленный по соотношению  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  в верхних горизонтах почв, составляет не более 5%.

Радиоизотоп  $^{90}\text{Sr}$ , наряду с радиоцезием, может быть использован в качестве индикатора бывшего радиационного загрязнения. При уровне глобального загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  к 1995 году  $50 \text{ мКи/км}^2$  и соотношении  $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$  в глобальных выпадениях 0.63, уровень глобальных выпадений  $^{90}\text{Sr}$  на почву составляет около  $32 \text{ мКи/км}^2$ . Полученные нами и НПО "Тайфун" данные для почв Алтайского края показывают, что запас  $^{90}\text{Sr}$  обычно превышает эту величину уже в верхних 35-40 см, а в полных разрезах (из-за большей, чем  $^{137}\text{Cs}$  подвижности) до 4 раз, что однозначно свидетельствует о наличии локального загрязнения. Высокие значения запасов  $^{90}\text{Sr}$  установлены в почвах, прилегающих к Алтаю Черепановского и Маслянинского районов Новосибирской области в слое мощностью 35-40 см (до 5 раз выше фона) для разрезов с аномальным уровнем загрязнения радиоцезием ( $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$

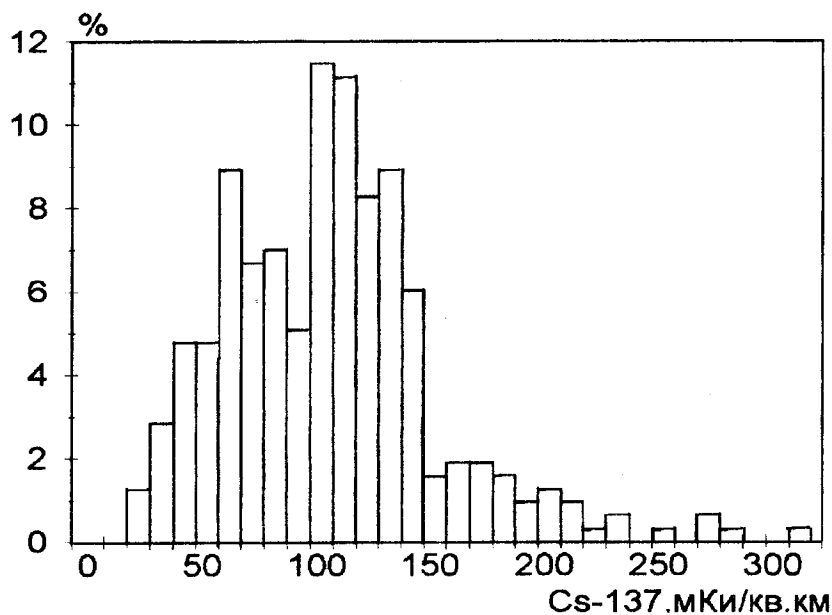


Рис.2. Гистограмма распределения плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почв Змеиногорского, Курьинского, Рубцовского и Поспелихинского районов

В полном почвенном разрезе в районе с. Веселоярск  $^{90}\text{Sr}$  был обнаружен на глубине 180 см, а в Заринском районе - более 80 см. Это свидетельствует о том, что накопленные по 40-сантиметровому почвенному слою запасы  $^{90}\text{Sr}$  и отношения  $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$  являются заниженными. Тем не менее, использование  $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$  дает основание надеяться в ряде случаев идентифицировать принадлежность радиоактивного загрязнения к конкретному взрыву из-за различных первоначальных соотношений, обусловленных типом ядерных устройств.

Радиоцезий не накапливается в растительном покрове в сравнении с его количеством в почвах. Из сотен проанализированных проб растений Алтая (около 20 видов) радиоцезий надежно зафиксирован ( $> 10$  Бк/кг сухого вещества) в курильском шикше, карликовой березе, брусничнике, бадане и багульнике. Низшие растения (мхи, лишайники) интенсивно аккумулируют Cs-137 и являются хорошим индикатором для обнаружения радиоактивного загрязнения. Хвойные подстилки повсеместно характеризуются более высокими количествами  $^{137}\text{Cs}$ , чем почвы тех мест, где они отобраны. При мощности подстилок от 5 до 15 см общей закономерностью вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  является возрастание активности его от поверхностного к центральным слоям и последующее убывание (часто резкое) на глубину. Чаще всего максимальная активность наблюдается в интервалах 4-6 см. Если при-

нять максимальное время "жизни" хвойных подстилок за 25-30 лет, то следует признать, что ни один из пиков  $^{137}\text{Cs}$  в них не может быть связан с локальными выпадениями наземных испытаний в СССР, прекратившихся в 1962 году, и допустить, что в крае были выпадения от китайских взрывов или пересмотреть время "жизни" хвойных опадов.

В донных отложениях озер (более 30) площадное распределение радиоцезия как в отдельных озерах, так и в профилях одного озера, неравномерное. По наиболее изученным осадкам озер Колыванское и Белое можно говорить о приуроченности пиков  $^{137}\text{Cs}$  в колонках осадков к конкретным взрывам на Полигоне. В большинстве же случаев многообразие типов вертикального распределения радиоцезия в колонках донных отложений не позволяет решать вопросы временной корреляции радиоактивных выпадений, но является хорошим индикатором суммарной загрязненности площадей водоемов и их водосборов.

### **137CS КАК ИНДИКАТОР ВЫПАДЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ АЛТАЯ)**

#### **137CS AS AN INDICATOR OF THE DEPOSITION OF THE ATMOSPHERIC POLLUTANTS (BY THE EXAMPLE OF ALTAI)**

Ковалев С.И., Маликова И.Н., Бадмаева Ж.О., Степин А.С.

ОИГГМ СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3,  
тел. 35-46-59, E-mail kovalevs@uiggm.nsk.su

Большое внимание, уделяемое в настоящее время изучению распределения техногенного изотопа  $^{137}\text{Cs}$  в различных компонентах окружающей среды, обусловлено теми негативными последствиями, которые влечет за собой радиоактивное загрязнение. Между тем, атмосферное поступление глобального  $^{137}\text{Cs}$  на земную поверхность, а также тот факт, что поведение радиоактивных аэрозолей в нижней тропосфере аналогично поведению обычных аэрозолей (Гедеонов Л.И. и др, 1968), делают его удобным индикатором глобальных атмосферных выпадений.

Атмосферный перенос и осаждение играют важную роль в геохимических циклах многих элементов. Причем для ряда из них эта роль значительно усиливается в результате техногенеза. По данным С.Г. Малахова и Э.П.Махонько (1990) вклад антропогенного потока в атмосферу таких тяжелых металлов, как Pb, Zn, Cd, Sb составляет 84-97% от суммарного. Для ртути этот показатель приблизительно равен 50%. Поэтому количественная оценка атмосферного поступления техногенных элементов на земную поверхность занимает важное место в системе мониторинга

о окружающей среды. Для этих целей используются сбор атмосферных осадков и их осадений при помощи специальных уловителей или снеговая съемка. Эти методы достаточно трудоемки, но они позволяют получать наиболее точные данные об атмосферном поступлении загрязняющих веществ за период наблюдения. Качественную оценку атмосферных выпадений можно получить на основе изучения содержания загрязняющих веществ во мхах и лесных подстилках. Этот подход позволяет сравнивать различные районы по уровню техногенного загрязнения и широко применяется в эколого-геохимических исследованиях.

В настоящей работе предлагается геохимический метод количественной оценки поступления атмосферных загрязнителей (на примере ртути), основанный на использовании  $^{137}\text{Cs}$  в качестве индикатора глобальных атмосферных выпадений. Объектом изучения являются хвойные подстилки, представляющие собой, как отмечалось во многих публикациях, эффективный экран-накопитель атмосферных выпадений.

Работы проводились на территории Алтайского края и Республики Алтай. Для определения Hg использовался атомно-абсорбционный метод "холодного" пара,  $^{137}\text{Cs}$  определялся гамма-спектрометрическим методом.

Основным источником  $^{137}\text{Cs}$  в окружающей среде явились проводимые в период с 1945 по 1962 годы наземные ядерные испытания ядерного оружия. Часть радиоактивных продуктов, попадая в верхние слои атмосферы, оседала затем на земную поверхность в виде глобальных выпадений. На 1995 год глобальный фон  $^{137}\text{Cs}$  в почвах на территории Алтая составлял 55 мКи/км<sup>2</sup>. На участках локальных выпадений плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  может достигать величин более 200 мКи/км<sup>2</sup>.

Хвойные подстилки, в отличие от почв, не содержат в себе радиоцезия из глобальных выпадений, имевших место более 30 лет назад. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  по глубине хвойных подстилок характеризуется, как правило, увеличением его содержания в средней части разреза. В некоторых случаях, вниз по разрезу, отмечается пика концентрации  $^{137}\text{Cs}$ . В настоящее время мы не располагаем достаточными данными о причинах наблюдаемого различия в характере распределения  $^{137}\text{Cs}$  по разрезе подстилок.

Вертикальное распределение Hg в подстилках также часто характеризуется снижением концентраций в средней части разреза. При этом пики содержания Hg и  $^{137}\text{Cs}$  не всегда совпадают по глубине. Возможно, это обусловлено разным поведением в процессе разложения хвои.

Поэтому, чтобы устранить неопределенность, связанную с возможным изменением соотношений Hg и  $^{137}\text{Cs}$ , в настоящей работе рассматривается верхний слой подстилки мощностью 1-2 см.

На рис. 1 представлена зависимость между содержаниями Hg и  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем слое хвойных опадов. Значимая корреляция между содержаниями Hg и  $^{137}\text{Cs}$  свидетельствует о существенном вкладе атмосферных выпадений в общее количество ртути в хвойных подстилках. По эмпирическим данным проведен регрессионный анализ, в котором содержание  $^{137}\text{Cs}$  было принято в качестве независимой переменной. Вычисленные оценки коэффициентов уравнения регрессии ( $Y=aX+b$ , где X - содержание  $^{137}\text{Cs}$ , Y - содержание ртути) имеют величины  $a=0,0007\pm 0,0001$ ,  $b=0,08\pm 0,01$ .

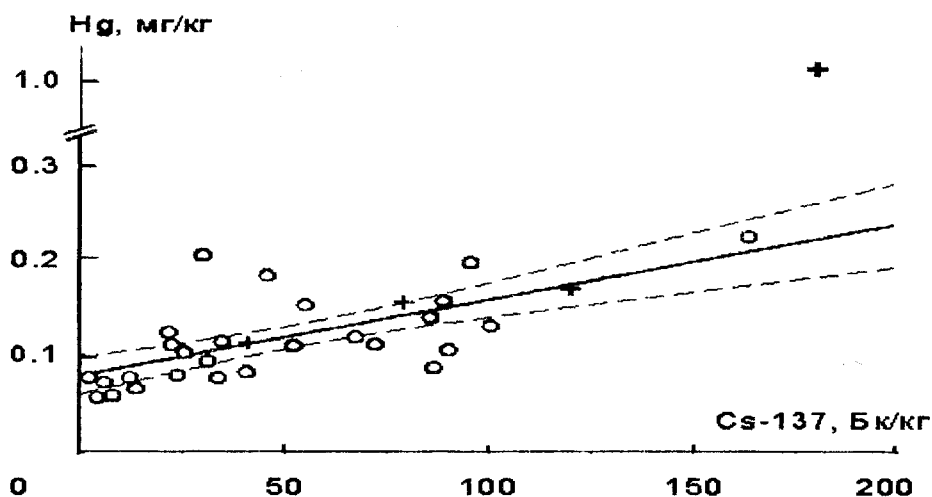


Рис 1. Зависимость содержаний Hg и  $^{137}\text{Cs}$  в верхних горизонтах хвойных подстилок.

+ - пробы из ртутных металлогенических зон  
 O - пробы из фоновых районов.

Большая часть хвойных опадов, опробованных в пределах ртутной металлогенической зоны, по соотношению содержаний Hg и  $^{137}\text{Cs}$  попадает в общий тренд. Избыточная концентрация ртути, по сравнению с ожидаемой в соответствии с регрессионной зависимостью, наблюдается только в одной пробе. Это обстоятельство отражает реально существующую неоднородность атмосферного распределения ртути в пределах ртутных зон. По данным М.А. Мальгина и др. (1995), в 75% проб воздуха, отобранных на территории Сарасинской ртутной зоны (Горный Алтай), наблюдались фоновые содержания ртути. Атмогеохимические аномалии отмечались только в единичных случаях.

Используя полученную регрессионную зависимость, можно оценить атмосферное поступление ртути в изучаемом регионе. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем сантиметровом слое подстилки составляет  $20\pm 1$  Бк/кг ( $N=69$ ). В соответствии с регрессионной зависимостью этому содержанию отвечает концентрация ртути  $0,094$  мг/кг (доверительный интервал от  $0,08$  до  $0,11$  мг/кг). Эта величина хорошо совпадает с реально наблюдаемым средним содержанием ртути в рассматриваемом слое хвойных подстилок ( $0,10\pm 0,01$  мг/кг, по 30 пробам), что свидетельствует о достоверности полученной оценки. В пересчете на площадь, при плотности верх-

слоя  $0,057 \text{ г/см}^3$ , это составит  $53 \text{ г/км}^2$  (интервал  $45\text{-}63 \text{ г/км}^2$ ). Вычитая из этой причины количество ртути, поступившей в подстилку в составе опада, получим величину атмосферного поступления ртути за период накопления рассматриваемого слоя подстилки.

Расчетная оценка содержания ртути в подстилке на аномальном участке, полученная в соответствии с регрессионной зависимостью, равна  $0,2 \text{ мг/кг}$ . Следовательно, доля ртути, поступившей из локального источника, составляет в рассматриваемой точке  $0,83 \text{ мг/кг}$  (около 80% от ее общего содержания в подстилке).

Таким образом, использование  $^{137}\text{Cs}$  в качестве индикатора глобальных атмосферных выпадений позволяет разделить глобальную и локальную составляющие выпадений атмосферных загрязнителей.

Полученная регрессионная зависимость может также использоваться для оценки локальных загрязнений  $^{137}\text{Cs}$ , имевших место в период накопления хвойной подстилки. Для этого в качестве независимой переменной уравнения регрессии нужно принять содержание ртути или другого элемента (химического соединения), для которого достоверно известна связь с атмосферными выпадениями.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ - 94-05-16849

## **ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДОНОНОСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ FORECASTING ESTIMATION OF RADONIFEROUSNESS STATE OF KRASNOYARSK REGION AREA**

Кузьмин В.В., Домаренко В.А., Куркатов С.В., Коваленко В.В., Мальцев Ю.М.,  
Чечеткин В.А., Чесноков Б.П.

Работа проводилась в рамках краевой программы "Радон" временным творческим коллективом в составе С.В. Куркатова (руководитель работ), В.В. Коваленко, Л.В. Панкратова - Центр Государственного санитарно эпидемиологического надзора по Красноярскому краю, Ю.М. Мальцева - Госцентр "Природы", В.А. Чечеткина, Б.П. Чеснокова - Региональный центр радиозоологических исследований, В.В. Кузьмина, В.А. Домаренко - ГПП "Березовгеология".

Финансирование осуществлялось из средств внебюджетного экологического фонда Красноярского края.

Природные источники ионизирующего излучения создают около 70 % суммарной дозы, получаемой человеком от всех источников радиации. Коллективная доза для населения Российской Федерации составляет около 50 млн. чел./год.



Среди естественных радионуклидов наибольшее радиационно-гигиеническое значение имеет радон и его дочерние продукты (ДПР), находящиеся в воздухе жилых и производственных помещений. Их вклад в суммарную дозу составляет около 50 %.

По данным радиологов от 2-х до 40 тысяч смертей от рака легких в США происходит в результате поступления радона в организм человека в процессе пребывания в жилых помещениях. Геологическое строение земной коры в пределах отдельных регионов Красноярского края (особенно центральные и южные районы) позволяет предположить высокие уровни концентрации радона и ДПР в жилых и производственных помещениях.

#### МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ КАРТ

Работы по составлению карт прогноза радиационного состояния территории Красноярского края сводились к решению ряда задач, условно разделенных на IV этапа.

На первом этапе проведено обобщение информации по геологическому строению территории, выделены структурно-вещественные комплексы различных этапов развития региона, а также наиболее крупные элементы трещинной тектоники.

Второй этап предусматривал оценку радиогеохимической специализации выделенных структурно-вещественных комплексов со сбором специализированной информации (проявления радона и урана).

Третий этап включал в себя собственно составление карт с районированием территории по уровням потенциального радононакопления, определяемых по пространственному совмещению тех или иных групп факторов радонопроявленности.

Четвертый этап предусматривал классификацию площадей по различным уровням радононакопления с учетом пространственного совмещения с селитебно-промышленными и другими территориями Края, то есть создавались масштабные карты районирования Края и его отдельных частей по уровням радононакопления.

В качестве основных рудоконтролирующих критериев для естественных радионуклидов выдвигались три основных фактора:

- литологический, как благоприятная рудовмещающая среда;
- магматический, как вероятный источник рудного вещества;
- структурный, как потенциальные участки миграции и концентрации.

При этом учитывалось, что радон - это благородный газ, образующийся за счет распада радия-226, одного из членов радиоактивного семейства уранового ряда. Он, как устойчивый продукт, накапливающийся в высоких концентрациях, представляет опасность для здоровья человека.

На основании анализа геологических факторов контроля радиоактивных объектов оконтуривались конкретные площади потенциальной радононосности, значимость которых определялась (по убывающей) металлогенией и природной радиоактивности объектов. По этому принципу выделено 4 категории площадей. Потенциальная радононосность соответственно понижалась при наличии в них экранирующих горизонтов.

Четвертый заключительный этап, посвящен построению результирующих карт по районированию территории Края по потенциальной радононосности, которые построены путем совмещения геологических критериев, поисковых признаков и наличия селитебно-промышленных и селитебно-сельскохозяйственных агломераций с выделением первоочередных объектов для дальнейшего изучения.

### ВЫВОДЫ

Проведенное обобщение и анализ информации о радиационном состоянии Красноярского края показал, что по имеющимся данным, а именно: наличию горных пород с высоким уровнем концентраций естественных радионуклидов, обилию радиоактивных месторождений и радиоактивных аномалий, наличию естественных источников с высоким содержанием радона, а также обилию тектонических нарушений разного ранга как возможных путей миграции и концентрации радона, позволяют оценить эту территорию как область высокой потенциальной радононосности.

Из 52 административных районов на территории 21 выделены площади первого (самого высокого) уровня потенциальной радононосности. Первый уровень потенциальной радононосности установлен для городов и крупных населенных пунктов таких как Красноярск, Дивногорск, Лесосибирск, Ангарск, Казачинское, Таежный. Вторым уровнем установлен для 10 населенных пунктов. 42 населенных пункта с повышенным уровнем потенциального радононакопления нуждается в дополнительном изучении для уточнения их потенциальной радононосности.

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ**  
**ASSESSMENT OF RADIOACTIVITY SITUATION IN BAIKAL REGION ON THE BASE OF GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL SURVEYS**

Коваль П.В., \* Медведев В.И., \*\* Гусев Ю.П., \* Мясников А.А.,

\* Ковешников А.М., \* Коршунов Л.Г., \*\* Леонов И.Е., \*\*\* Фалилеев А.Н.

Институт Геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, аб/ящ 4019, тел. (3952) 46-59-78, факс (3952) 45-40-50, E-mail: koval@igs.irkutsk.su

\* ГПП "Сосновгеолсервис", Россия, г. Иркутск; \*\* ГПП "Центральная геолого-геофизическая экспедиция", Россия, г. Улан-Уде; \*\*\* ГПП "Иркутскгеология", Россия, г. Иркутск

Проблема Байкала как потенциального участка мирового природного наследия на фоне общего обострения экологической ситуации в России, а также наличие значительного числа природных и техногенных аномалий радиоэлементов в регионе обусловили повышенный интерес и неоднозначное отношение к вопросам радиэкологии Прибайкалья. Однако многие аспекты этой проблемы остаются неясными, что в значительной степени связано с отсутствием до самого последнего времени единой программы систематических исследований в этом направлении. Вместе с тем в результате многолетних попутных и специальных поисковых работ на радиоактивное сырье, а также геохимических исследований получен большой объем информации о распределении природных и техногенных радионуклидов в основных компонентах природной Среды, которая может быть использована для предварительной оценки сложившейся ситуации и планирования дальнейших работ. Это прежде всего, сведения о мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на поверхности, содержании естественных радионуклидов (ЕРН) в горных породах, поверхностных водах, почвах и снеговом покрове, а также данные о распределении техногенных радионуклидов (ТРН - Cs-137, Sr-90) в почвах и донных осадках.

В данном сообщении предпринята попытка предварительной оценки радиационного состояния территории Байкальского региона по результатам анализов ЕРН (U, Th, K) в коренных породах (более 14 тыс. образцов), опробованных по единой методике специализированными подразделениями ГПП "Сосновгеология" в 1981 - 1995 гг., и определений ТРН (Cs-137) в почвах и донных осадках (более 1300 пунктов опробования), выполненных по программам "Многоцелевое геохимическое картирование России" и "Геоэкология России" (Байкальский геологический полигон) в 1991 - 1994 гг. на площади свыше 150 тыс. кв. км.

ЕРН и ТРН определялись в аттестованной лаборатории радиационного контроля ГПП "Сосновгеология" гамма-спектрометрическим методом. Пределы обнару-

ения: U -  $2 \cdot 10^{-5}$  %, Th -  $3 \cdot 10^{-5}$  %, K - 0,03 %, Cs-137 -  $1 \cdot 10^{-10}$  Ки/кг. Подвижный U извлекался содовой вытяжкой и определялся лазерно-люминесцентным методом. Предел обнаружения  $1 \cdot 10^{-6}$ . Серия контрольных определений, выполненных в аналитическом центре ОИГГМ СО РАН (Новосибирск) и лаборатории Висконсинского университета (США), показала хорошую сопоставимость результатов.

По характеру **распределения ЕРН в коренных породах** рассматриваемая территория может быть разделена на три крупные области.

1. Южная и восточная горная часть региона, относящаяся к Байкальской и частично к Саяно-Алтайской складчатым системам. Эта область находится на западном фланге Забайкальской урановорудной провинции. Она сложена преимущественно древними метаморфическими породами и гранитоидами с повышенными относительно кларка содержаниями U и Th. До 30 % площади области сложено породами с содержаниями U от 5 до 12 г/т (62 - 148 Бк/кг) и от 30 до 60 г/т (120 - 350 Бк/кг) Th. Здесь установлены крупные (до 3 - 3 тыс. км<sup>2</sup>) поля метасоматитов с содержаниями урана порядка 20 - 30 г/т (240 - 360 Бк/кг). На этой территории находится ряд месторождений и большое число рудопроявлений U, а также два редкоземельных месторождения с высокими содержаниями U и Th. Значительные по площади участки имеют значения МЭД выше 120 мкр/час (до 1000 - 3000 мкр/час). Соответственно здесь же установлены многочисленные участки с высокими содержаниями Rn в воде и почвенном воздухе (до 20 - 100 млн. Бк/м<sup>3</sup>).

2. Центральная часть, совпадающая с юрским угленосным прогибом. Содержания U и Th в угленосных породах, как правило, находятся на уровне 2 - 4 г/т (25 - 80 Бк/кг) и 8 - 20 г/т (30 - 80 Бк/кг) соответственно. МЭД гамма-излучения составляет 12 (до 20) мкр/час. Участки с высокими содержаниями урана (до 20 - 200 г/т) и значениями МЭД (30 - 120 мкр/час) приурочены к отдельным выходам каменных углей на поверхность и имеют незначительные размеры. Содержание радона в воде и почвенном воздухе в отдельных пунктах достигает 10 - 100 Бк/м<sup>3</sup>. В ряде случаев повышенные концентрации радона приурочены к участкам радиоактивного загрязнения. Это наиболее освоенная в промышленном отношении и густонаселенная область региона.

3. Северная и западная части региона, сложенные в основном платформенными палеозойскими отложениями. Породы отличаются низкими содержаниями U, 2 - 5 г/т (25 - 50 Бк/кг), и Th, 6 - 12 г/т (25 - 50 Бк/кг). В этой области имеются многочисленные источники с аномальными концентрациями U и Th.

**Загрязнение региона ТРН** в первом приближении может быть оценено по распределению Cs-137 в основных компонентах природной среды и, в частности, в водах. В целом повышенные относительно глобального фона выпадения Cs-137 в

регионе были отмечены ранее Л.И. Болтневой и др. (1977). По нашим данным содержания Cs-137 в гумусовом горизонте почв, где сосредоточено порядка 70 % запасов радиоактивного Cs, меняются более чем на два с половиной порядка, достигая  $115 \cdot 10^{-10}$  Ки/кг. Доля образцов, в которых содержания радиоактивного Cs в 3 и более раз превышают глобальный фон, составляет не менее 40 %. Участки наибольшей встречаемости аномальных значений удельной активности Cs-137 в почвах в целом тяготеют к районам с более высоким годовым количеством осадков, в частности, к полосе, обрамляющей Байкал с запада и юго-востока, а также к некоторым районам Усть-Ордынского бурятского автономного округа. В почвах Приольхонья отмечен радиоактивный Sr (до 100 - 157 Бк/кг). В горном обрамлении Сибирской платформы участки с аномальными значениями удельной активности Cs-137 зачастую накладываются на область повышенных содержаний ЕРН в горных породах.

Значения удельной активности Cs-137 активных речных осадков, полученные при работе на Байкальском полигоне, достигали  $26,7 \cdot 10^{-10}$  Ки/кг, а донных осадков озера Байкал -  $(9 - 18) \cdot 10^{-10}$  Ки/кг (Edgington et al., 1991).

По данным специальных исследований Института геохимии СО РАН и Г "Сосновгеолсервис" (1995 г.) в Приольхонье уровни загрязнения почв Cs-137 составляют от 0,01 до 0,15 - 0,20 Ки/км<sup>2</sup>.

Сравнение полученных аномальных результатов с аналогичными данными по загрязнению Cs-137 районов Семипалатинской области, Алтайского края, Тувы и Новосибирской области, признанных пострадавшими от ядерных испытаний, свидетельствуют об их принципиальной сопоставимости и существенном загрязнении региона за счет атмосферного переноса продуктов ядерных испытаний. и хотя современный уровень загрязнения рассматриваемой территории ТРН в целом не представляет опасности для проживания населения и не накладывает ограничений на ведение хозяйственной деятельности, есть серьезные основания для проведения ретроспективной оценки доз, полученных населением, и выделения групп населения, имеющих право на соответствующую социальную поддержку.

Необходимо учитывать наложение загрязнения ТРН на распределение ЕРН в основных компонентах окружающей среды и специфику последнего. В этом отношении одной из первостепенных остается проблема радоновой опасности.

Для получения целостностной картины радиоэкологической обстановки в Сибири представляется целесообразным создание единой межрегиональной программы "Радиоэкология сибирских регионов".

# ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ И CS-137 В ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

## NATURAL RADIONUCLIDES AND CS-137 IN COMPONENTS OF NATURE IN KEMEROV REGION

Цибульчик В.М., Степин А.С.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

В настоящем сообщении изложены результаты работ 1993-1994 гг. по распределению U(Ra), Th, K и Cs-137 в следующих компонентах природы области: залежных (залежных) почвах, пахотных землях, мхах и опадах, травах с покосов, донных осадках водоемов. Указанные радионуклиды определены гамма-спектрометрическим методом в 964 пробах, в том числе из материала почв - в 806 пробах, пахотных земель - 24, мхов и опадов - 93, трав с покосов - 27, донных осадков - 14 пробах. Первичные результаты по Cs-137 в почвах отнесены к единице массы (Бк/кг). Для оценки его количества, распространенного на единице площади (Бк/км<sup>2</sup>), осуществлен пересчет по формуле:  $m\text{Ku}/\text{км}^2 = \text{Бк}/\text{кг} \times d \times h \times 0.27$ , где  $d$  - удельный вес материала соответствующего почвенного горизонта (г/см<sup>3</sup>),  $h$  - его толщина (см).

**РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ.** Изучены наиболее распространенные в области дерново-подзолистые почвы северных таежных районов, черноземы и лесные почвы в лесостепной и степной частях территории. Пробы отбирались на глубину до 10 см из дернового горизонта, а также из верхних и нижних частей гумусового горизонта. Отбор проб произведен методом колец, повышающим корректность результатов в части оценки плотности загрязнения Cs-137 почвенного покрова. Пределы обнаружений и средние концентрации радионуклидов в изученных разрезах почв приведены в табл. 1.

Анализируя данные таблицы, отметим следующее: 1. U, Th и K распределены в изученных почвенных профилях достаточно равномерно. Устанавливается также значительный разброс содержаний этих элементов по площади. Средние концентрации естественных радионуклидов в изученном почвенном покрове области составляют: U(Ra)-1.9 г/т, Th-7.1 г/т, K-1.50 % (по данным анализа 806 проб).

2. Cs-137, в отличие от естественных радионуклидов, распределен в почвах крайне неравномерно как по площади, так и по разрезам. В исследованных профилях этот радиоизотоп наиболее полно сохраняется в верхнем 5-сантиметровом горизонте дерна. С глубиной содержания его резко уменьшаются. Средняя концентрация Cs-137 в изученных почвах равна 24 Бк/кг (по данным анализа 357 проб).

3. Средняя плотность загрязнения почвенного покрова, рассчитанная по 170 точкам наблюдения, составляют 65 мКи/км<sup>2</sup>. Максимальное значение плотности загрязнения почв Cs-137 достигает 210 мКи/км<sup>2</sup>. Анализ пространственного распределения Cs-137 в почвенном покрове свидетельствует о том, что пробы с высокой плотностью загрязнения этим радионуклидом находятся в разных районах области и разделены значительными расстояниями. Таким образом, можно говорить о неравномерном или мозаичном распространении Cs-137 в почвах области.

Таблица 1

Элементы	Интервалы разрезов (см); почвенные горизонты			По разрезам в целом
	0-5; дерновый	5-20; верх гумусового	20-40; низ гумусового	
U(Ra), г/т	<u>0.3-3.7</u> 1.9(171)	<u>0.9-3.8</u> 1.9(301)	<u>0.5-4.9</u> 1.9(334)	<u>0.3-4.9</u> 1.9(806)
Th, г/т	<u>1.9-10.1</u> 6.7(171)	<u>2.3-9.6</u> 7.1(301)	<u>3.0-10.5</u> 7.4(334)	<u>1.9-10.5</u> 7.1(806)
K, %	<u>0.35-1.98</u> 1.37(171)	<u>0.65-2.60</u> 1.50(301)	<u>0.78-2.93</u> 1.58(334)	<u>0.35-2.93</u> 1.50(806)
Cs-137, Бк/кг	<u>3-144</u> 44(171)	<u>1-37</u> 8(175)	<u>1-13</u> 3(11)	<u>1-144</u> 24(357)

Примечание. Здесь и в последующих таблицах: в числителе - интервалы содержаний; в знаменателе - средние значения концентраций; цифры в скобках - количество проанализированных проб.

**РАДИОНУКЛИДЫ В ПАХОТНЫХ ЗЕМЛЯХ.** Пахотные земли опробовались бороздой на всю глубину вспашки - примерно 20 см. В табл. 2 приведены пределы содержаний и средние концентрации радионуклидов в пахоте.

Таблица 2

U(Ra), г/т	Th, г/т	K, %	Cs-137, Бк/кг
<u>1.6-2.8</u>	<u>7.5-9.9</u>	<u>1.42-1.99</u>	<u>2.0-9.0</u>
2.1(24)	8.6(24)	1.65(24)	4.8(22)

Пахотные земли определенно наследуют концентрации естественных радионуклидов, установленные в целинных почвах. В проанализированных пробах этих земель содержания U, Th и K изменяются в довольно узких пределах и в таких же интервалах, что и в почвах, а величины их средних концентраций близки соответствующим характеристикам залежного почвенного покрова (табл.1).

Содержания Cs-137 в пахотных землях также колеблются в узком интервале (2.0-9.0 Бк/кг). Однако средняя концентрация этого радиоизотопа в пахоте составляет всего 4.8 Бк/кг, что в 5 раз ниже среднего содержания Cs-137 в почвенном покрове (табл.1). Поэтому следует полагать, что сельскохозяйственная обработка почвы способствует существенному снижению в них уровня концентрации радиоцезия.

**РАДИОНУКЛИДЫ ВО МХАХ И ОПАДАХ.** Мхи и опады опробовались обычно в местах многолетних древостоев. На участках хвойных опавов пробы отбирались



слоисто (через 0.5-1.0 см) до глубины 6 см. В табл. 3 представлены пределы со-  
держаний и средние концентрации радионуклидов в этих природных образованиях

Таблица 3

U(Ra), г/т	Th, г/т	K, %	Cs-137, Бк/кг
Мхи с деревьев (береза, осина, сосна)			
<u>0.2-2.7</u> 1.0(31)	<u>0.3-7.0</u> 2.6 (30)	<u>0.14-2.18</u> 0.91 (33)	<u>6-294</u> 104 (33)
Хвойные опады (сосна, пихта, кедр)			
<u>0.2-1.7</u> 0.7(47)	<u>0.2-5.5</u> 2.0(52)	<u>0.04-1.14</u> 0.40(60)	<u>1-141</u> 46(60)

Мхи и хвойные опады не накапливают естественные радионуклиды. Средние содержания U,Th и K в этих объектах примерно в 2-3 раза ниже соответствующих величин для почвенного покрова (табл.1).Cs-137 определенно концентрируется в них, причем во мхах в наибольшей мере. Средние содержания Cs-137 во мхах составляют 104 Бк/кг, в хвойных опадах- 46 Бк/кг, что в 2-4 раза выше соответствующих показателей в почвах (табл.1). Для разрезов хвойных опадов характерна тенденция увеличения содержаний радиоцезия с глубиной. Аналогичная картина распределения Cs-137 устанавливается и в разрезах хвои на Алтае.

**РАДИОНУКЛИДЫ В ТРАВАХ С ПОКОСОВ.** В этих объектах U и Th не концентрируются. U(Ra) обнаружен лишь в 12 пробах из 27 проанализированных с максимальным содержанием всего 0.6 г/т, а Th- в 16 пробах с наибольшей концентрацией 1 г/т, что в 3-7 раз ниже соответствующих данных для почв (табл.1). Травостоем удерживается лишь K. Этот элемент установлен во всех 27 пробах трав. Его содержания варьируют от 0.80 % до 3.36 % при среднем значении концентрации 1.62 %; это сопоставимо с соответствующими показателями в почвенном покрове (табл.1). Весьма характерно, что опробованной травостой практически не концентрирует Cs-137. Этот радионуклид обнаружен лишь в одной пробе из 27 проанализированных с очень низким содержанием 2 Бк/кг.

**РАДИОНУКЛИДЫ В ДОННЫХ ОСАДКАХ.** Пробы отобраны в двух водоемах области: на озере Б. Берчикуль в Тисульском районе и в пруде у д. Тюменево в Мариинском районе с глубин 2.4-2.6 м на мощность 24-26 см из тонкозернистых темно-серых и черных илов с интервалом опробования 3-4 см. В табл. 4 даны пределы содержаний и средние концентрации радионуклидов в изученных осадках.

Таблица 4

U(Ra), г/т	Th, г/т	K, %	Cs-137, Бк/кг
<u>1.4-6.1</u> 2.4(14)	<u>3.5-7.7</u> 5.5(14)	<u>0.47-1.97</u> 1.29(14)	<u>1-69</u> 20.7(12)

Приведенные данные показывают, что пределы содержаний естественных радионуклидов в изученных осадках укладываются в интервалы изменений содержаний этих элементов в почвах, а величины их средних концентраций сопоставимы

с таковыми в почвенном покрове (табл.1). Максимальная концентрация Cs-137 (69 Бк/кг) установлена в верхнем слое илов оз. Б. Берчикуль и постепенно снижается вниз по разрезу. Такой же характер распределения этого радиоизотопа фиксируется в осадках пруда у д. Тюменево, а также в донных отложениях Степного Алтая. Средняя концентрация Cs-137 в опробованных осадках составляет 20.7 Бк/кг и сопоставима с соответствующим параметром в почвах (табл.1). Можно полагать, что U, Th, K и Cs-137 в донных осадках обоих обследованных водоемов заимствованы из почвенного покрова водосборных участков.

**ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.** Естественные радионуклиды и Cs-137 обнаружены во всех изученных объектах природы: целинных почвах, пахотных землях, мхах и опадах, травах с покосов, донных осадках. При этом U(Ra), Th и K присутствуют в них в незначительных концентрациях и распространены относительно равномерно. Искусственный радиоизотоп Cs-137 распределен в исследованных объектах крайне неравномерно. Максимальные концентрации этого радионуклида (до 294 Бк/кг) установлены во мхах, минимальные (2 Бк/кг) - в травах с покосов. В целом, уровни концентрации Cs-137 в изученных объектах природы Кемеровской области, а также характер распространения этого радиоизотопа по площади и в разрезах почвенного покрова очень близки соответствующим характеристикам на территории Степного Алтая, для которого влияние взрывов на Семипалатинском полигоне в 1949-1962 гг. в настоящее время доказано.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В КУЗБАССЕ**

### **THE CONCEPTION'S APPROACH TO THE ESTIMATE OF THE RADIATION SITUATION IN KUZBASS**

Алукер Н.Л., Алукер Э.Д., Сафонов Ю.Н.

Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово

Известно, что на территории России существует напряженная радиационная обстановка, оказывающая серьезное влияние как на повседневную жизнь людей так и на экономику государства в целом. Так, например, только для того, чтобы перевести в безопасную форму жидкие радиоактивные отходы, накопленные на производствах ядерного оружия, потребуются, согласно оценкам, не менее 500 млн долларов ежегодно в течение 10 лет.

По ряду объективных причин восстановить status quo "доядерной эры" практически невозможно - это, к сожалению, неоспоримый факт. Сегодня реалисти-

ский подход состоит в том, чтобы продуманно сконцентрировать имеющиеся материальные и интеллектуальные ресурсы на снижении радиационного риска до приемлемого уровня. В этом контексте основным, если не единственным, критерием является максимальная социальная выгода на единицу затрат. Таким образом, привлечение социума в процессе принятия решений должно рассматриваться как необходимый и неотъемлемый компонент любой деятельности, связанной с восстановлением качества радиоактивно загрязненных объектов и территорий либо с акциями административного характера, направленными на охрану здоровья людей.

Кузбасс - один из наиболее плотно населенных, индустриально развитых регионов юга Западной Сибири. Основными источниками экологической напряженности были и остаются химическая, металлургическая и горнодобывающая промышленность. Кемерово и Новокузнецк из года в год попадают в список десяти городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы. Вплоть до недавнего времени радиационный фактор не принимался в расчет. Существует, однако, ряд обстоятельств, вынуждающих обратить серьезное внимание на радиозэкологическую обстановку. Необходимо учитывать, в частности, что:

- примерно в 200 км на северо-запад от административного центра Кузбасса - Кемерово расположен один из крупнейших ядерных комплексов "Томск-7". Сегодня не секрет, что в любой стране производство ядерного оружия всегда характеризовалось абсолютным приоритетом производственных планов по отношению к вопросам безопасности. Поэтому вряд ли можно гарантировать, что это опасное соседство прошло бесследно для Кузбасса, и что в будущем Томский комплекс не будет влиять на радиозэкологическую ситуацию в регионе;

- согласно имеющейся информации в 1984 г. в 50 км от Кемерово был произведен так называемый "мирный" ядерный взрыв. Этот факт долго скрывался, а последствия взрыва до сих пор не оценены;

- в настоящее время известно, что атмосферные ядерные испытания 1949 - 1962 гг. на Семипалатинском полигоне, расположенном юго-западнее Кузбасса, серьезно осложнили радиационную обстановку в прилегающих регионах. В частности, в Алтае мощность дозы в отдельных районах до сих пор в 3-7 раз выше естественного фона. В Кузбассе систематическое обследование территории только начинается, но уже первые измерения показали наличие цезиевых пятен с удельной активностью мха и хвойного опада свыше 150 Бк/кг;

- угледобывающая промышленность является, как правило, одним из наиболее значимых источников радиоактивного радона, а при сжигании угля в шлаке и летучей золе концентрируются долгоживущие радионуклиды. Игнорировать этот

факт в крупнейшем угольном бассейне России было бы по меньшей мере неразумно.

Помимо достаточно обоснованных, но пока лишь предположений, изложенных выше, в последнее время появились и конкретные данные, указывающие на потенциально высокую значимость радиационного фактора в спектре экологически неблагоприятных условий жизни населения Кузбасса.

Наиболее логичным и, на наш взгляд, бесспорным следствием анализа ситуации должно быть заключение о неотложности тщательного обследования всей территории Кузбасса с целью выяснения источников, природы и абсолютных значений дозовых нагрузок. Методическая база, техника и технология радиоз экологического обследования территорий разработаны достаточно основательно.

Изложенная ниже концепция мониторинга ни в коем случае не подменяет традиционных радиохимических и спектрометрических методов. Она должна стать лишь частью обширной комплексной программы обследования региона. Отличительными особенностями концепции являются ее изначальная ориентация на активное вовлечение населения в процесс накопления и верификации дозиметрической информации, техническая готовность и проработанность деталей методического и организационного характера.

Суть ключевых положений обсуждаемого проекта состоит в следующем:

- жителям региона, которые того пожелают, в рамках определенной сети контроля, будет предоставлена возможность получения термолюминесцентных дозиметров и соответствующих инструкций;

- считывающая дозиметрическая аппаратура размещается в специально аккредитованной Госстандартом Испытательной лаборатории радиационного контроля КемГУ;

- вся дозиметрическая информация, аккумулируемая в пункте "считывания", будет подвергнута экспертному анализу, результаты которого, наряду с другими данными обследования, позволят формировать базу для принятия адекватных решений о необходимости (целесообразности, допустимости) технического и административного вмешательства.

Сама возможность реализации обсуждаемого подхода в значительной мере, если не в основном, предопределяется наличием дешевых, широкодоступных и эффективных термолюминесцентных детекторов (ТЛД-К), разработанных сотрудниками научно-производственной фирмы НПФ "РК" Кемеровского Госуниверситета на основе местных сырьевых материалов и успешно прошедших процедуру сертификации Госстандарта.



По сравнению с "традиционными" LiF-детекторами отечественными и формы Harshow предлагаемые детекторы ТЛД-К имеют значительно большую механическую прочность, не требуют высокотемпературного отжига после каждого измерения, не гигроскопичны, и при этом гораздо дешевле, чем LiF-детекторы. Другими словами, они являются более предпочтительными именно для решения задач массового мониторинга.

Завершенность технологического цикла обеспечивается наличием надежных, простых в эксплуатации, высокочувствительных и недорогих "считывающих" приборов отечественного производства, которые имеют программную поддержку и совместимы со всеми наиболее широко распространенными типами персональных компьютеров.

Одной из основных целей проекта является вовлечение общественности непосредственно в процесс оценки радиозоологической ситуации и, тем самым - в процесс принятия решений по мерам восстановления качества среды обитания. Заботясь о своей собственной безопасности, каждый участник проекта будет добровольно и естественно вносить вклад в создание общей базы данных. Информация по мере накопления будет обрабатываться и публиковаться в доступной форме в данном населенном пункте или районе, где она легко может быть проверена местной администрацией и населением. Очевидно, что в этом случае чрезвычайно трудно скрыть от общественности сведения о прошлых или новых радиоактивных загрязнениях.

Этот тезис приведен здесь не потому, что прогнозируются попытки засекречивания данных дозиметрического обследования. Мы лишь хотели подчеркнуть, что именно в таком психологическом контексте предлагаемая система мониторинга должна быть воспринята общественным сознанием. Как следствие, барьер недоверия к официальной информации будет устранен (хотя бы частично), а это, в свою очередь, позволяет надеяться, что диалог между представителями властных органов и общественностью станет более спокойным и конструктивным, а принимаемые решения более сбалансированными, реалистичными и жизнеспособными. Помимо прочего рассматриваемый проект может стать реальным шагом в повышении общего уровня радиационной грамотности населения.

Другой его прагматической целью является стремление резко увеличить число "добровольных дозиметристов", ускорить тем самым процесс радиологического обследования и сфокусировать "реабилитационную" деятельность на наиболее актуальных проблемах радиоактивного загрязнения, если таковые действительно существуют.

Напомним в этой связи побуждающие мотивы настоящей концепции:

Анализ общей ситуации, а также результаты радиометрических и цитогенетических исследований указывают на вероятность наличия в регионе источников радиационной опасности для населения и окружающей среды. Эпидемиологическая обстановка в Кузбассе, как известно, сильно осложнена влиянием промышленных токсинов нерадиационного происхождения. Поскольку эффективность мер по оздоровлению обстановки в значительной мере определяется уровнем знаний об источниках экологической нестабильности, целесообразность массового дозиметрического мониторинга не подлежит сомнению даже в случае получения отрицательных результатов.

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК В Г. КЕМЕРОВО**

THE FEATURES OF THE FORMING OF INDIVIDUAL DOSE LOADING IN KEMEROVO

Алукер Н.Л., Кайдалова Ю.В., Еременко А.Н., Попов В.Л.

Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово

В работе приводятся результаты первичного обследования индивидуальных дозовых нагрузок, получаемых пациентами, медицинскими работниками и населением города Кемерово в 1994-1995 годах. Проводится попытка оценить вклад природного и искусственного излучения в формирование фонового облучения населения.

Исследования проводились с применением метода термостимулированной люминесценции при помощи разработанных в КемГУ детекторов ТЛД-К (аппаратура, детекторы и методики аттестованы, лаборатория аккредитована Госстандартом России). Всего выполнено около 300 определений квартальных индивидуальных дозовых нагрузок.

Средние значения квартальной дозы при проведении индивидуального контроля: рентгенологов и радиологов - 0,08 сЗв; стоматологов-рентгенологов - 2 сЗв; медицинских работников, не использующих ионизирующие излучения - 0,06 сЗв. Средние значения квартальной дозы на рабочих местах: рентгенологов и радиологов - 0,09 сЗв; стоматологов-рентгенологов - 3 сЗв; медицинских работников, не использующих ионизирующие излучения - 0,07 сЗв. Средние значения квартальной дозы в жилищах медперсонала и населения - 0,07 сЗв. С учетом НРБ (допустимые квартальные дозы: профессиональные - 1,25 сЗв, население - 0,125 сЗв), средние значения квартальной дозы для всех видов обследования (кроме стоматологов-рентгенологов) находятся в допустимых пределах.

Средние значения квартальной дозы для стоматологов-рентгенологов (индивидуальные - 2 сЗв, на рабочем месте - 3 сЗв) в 1,5 - 2 раза превосходят предельную допустимую профессиональную дозу.

Следует отметить, что в процессе регулярного контроля и проведения консультаций персонала дозовые нагрузки были устойчиво снижены до допустимых пределов. Соблюдение техники безопасности работ и контроль защиты в рентген-кабинетах требует, на наш взгляд, пристального внимания контролирующих органов и проведения регулярного индивидуального радиационного контроля.

Наряду с достаточно благополучными средними результатами дозиметрии населения, нас настораживает наличие практически при всех видах обследования резких одиночных выбросов значений квартальных доз. Полученные значения выбросов превышают допустимые пределы в десятки раз. Причем следует подчеркнуть, что максимальное число и величина выбросов приурочены к концу 1994 года и началу 1995 года, т.е. наблюдались, в основном, в зимний период. Во втором и третьем квартале 1995 г. выбросов стало значительно меньше и величина их приблизилась к допустимым пределам.

Наличие серьезных выбросов значений квартальных доз как при индивидуальном дозиметрическом контроле, так и при обследовании рабочих мест и жилищ, свидетельствует о наличии локальных очагов повышенного радиационного фона, происхождение которых подлежит выяснению.

В связи с тем, что рентгенологические обследования вносят наибольший вклад в формирование дозовых нагрузок на население за счет искусственных источников излучения, нами была предпринята попытка оценки дозовых нагрузок на пациентов при проведении различных диагностических рентгеновских обследований.

Средние локальные поверхностные дозы на облучаемый орган составили при проведении диагностики грудной клетки, черепа и дентальных снимках порядка 3.0 мЗв за снимок. Нагрузки на пациента (все тело) при проведении различных дентальных диагностических обследований на разных аппаратах в среднем составили около 0.025 сЗв за снимок. Максимальную дозовую нагрузку практически при всех видах рентгенологических обследований (черепа, грудной клетки, дентальных) в проведенных нами исследованиях испытывает щитовидная железа и доза составляет в среднем около 0,090 сЗв за снимок, причем максимальные значения получены при использовании рентгеновских аппаратов РУМ-20М, 5Д-2.

Мы считаем, что введение в медицинскую практику индивидуального выборочного контроля пациентов при проведении медицинских рентгенологических обследований позволило бы снизить дозовые нагрузки на пациентов в несколько раз за счет оптимизации защиты и режимов рентгеновского обследования.



На основе проведенной нами дозиметрии создан банк данных дозовых нагрузок на медицинских работников, пациентов и население в г. Кемерово.

## **ПРИРОДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ МИНУСИНСКОГО МЕЖГОРНОГО ПРОГИБА**

### **NATURAL CONTAMINATION WITH RADIOACTIVE ELEMENTS OF ARABLE LANDS OF MINUSINSK INTERMOUNTAIN DEPRESSION**

Комарницкий Г.М., Молокоедов А.М.

Новосибирская Государственная академия экономики и управления,  
Государственное геологическое предприятие "Березовгеология",  
630091, Россия, г. Новосибирск, Каменская, 74

1. Территория Минусинского межгорного прогиба является благоприятным районом для развития земледелия и животноводства на юге Красноярского края и в Республике Хакасия (РХ). Ландшафтно-орографический облик Минусинского прогиба довольно сложен. На общем его фоне выделяется ряд обособленных впадин: Северо-Минусинская, Сыдо-Ербинская и Южно-Минусинская, разделенные между собой холмистыми отрогами Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна. Впадины разрезаны в меридиональном направлении Красноярским водохранилищем, ширина которого в отдельных местах достигает 15 км. На территории Северо-Минусинской и Южно-Минусинской впадин размещаются бессточные озера с солоноватой и горько-соленой водой. На базе озер Шира и Беле действуют курорты. Территория прогиба довольно густо заселена; здесь проживает около 800000 человек при средней плотности 5 человек на 1 км<sup>2</sup>.

Центральные части впадин представляют собой слабовсхолмленные или плоские равнины, обрамленные по периферии холмисто-рядовым рельефом. Общая площадь, пригодная для сельскохозяйственного производства составляет около 5 млн. га, в том числе, для производства зерновых культур и овощей около 2.0-2.5 млн. га.

2. Почвы региона довольно разнообразны. В котловинах и предгорьях развиты различного типа черноземы: от оподзоленных и выщелоченных в предгорьях до южных черноземов и каштановых почв в наиболее пониженных частях котловин. Встречаются солонцы и солончаковые почвы в степях, а в предгорьях - горно-лесные, горно-луговые черноземы и щебнистые почвы.

Южные районы прогиба особенно благоприятны для земледелия, где помимо зерновых культур с успехом выращиваются помидоры, капуста, лук, арбузы, дыни

и другие овощи, фрукты и ягоды, которые позволяют удовлетворять потребности не только местного населения, но и вывозятся в Красноярск, Норильск и другие районы.

На территории Минусинского прогиба как в хозяйствах Красноярского края, так и Республики Хакасия довольно интенсивно развивается общественное и личное животноводство: крупный рогатый скот, овцеводство, коневодство, свиноводство, птицеводство.

Высокая экономическая освоенность района не только в направлении сельского хозяйства, но и, прежде всего, горно-добывающей, машиностроения, лесопереработки и других отраслей обуславливают непростую экологическую ситуацию. Но наряду с общими факторами загрязнения природной среды, вызванными хозяйственной деятельностью, на территории прогиба имеют место особые факторы загрязнения, прежде всего, почв, подземных и поверхностных водных источников, связанные с особенностями геологического строения и геохимической специализации образующего субстрата, обогащенного на широкой территории высокими концентрациями урана, тория, ванадия, меди, молибдена, мышьяка и другими элементами в концентрациях, превышающих ПДК в десятки, сотни, а иногда многие тысячи раз.

3. На рассматриваемой территории Минусинского прогиба, площадью около 50 тыс. км<sup>2</sup>, осадочные комплексы среднего-верхнего палеозоя по подошве живых отложений распространены на площади 38 тыс. км<sup>2</sup>. Девонская и каменноугольная эпохи характеризуются накоплением урана в отложениях молассоидной формации, а также нижеподстилающих их породах вулканогенной и интрузивной формаций.

Специализированными работами установлен широкий стратиграфический диапазон повышенных содержаний урана от низов среднего девона до верхов нижнего карбона. Снизу вверх выделено пять ураноносных горизонтов: кызынджувский, нижний монастыревский, верхний монастыревский, кавказский и дмитриевский. В осадочных отложениях этих горизонтов, выходящих на современный эрозионный разрез выявлено более 140 участков развития уранового оруденения, сопровождаемого другими рудными элементами.

По геохимической специализации среди ураноносных формаций можно выделить два основных типа: фосфорно-урановый и сульфидно-урановый.

Фосфорно-урановые концентрации обнаруживаются в пачках сероцветных морских и лагунных отложений нижнекарбонического возраста (известковистые алевриты и песчаники, мергели и известняки, пепловые туфы), которые характеризуются повышенной фосфатоносностью (карбонат-фтор-апатит). Содержание урана в этих породах достигает 0.05-0.1%, тория - 0.003-0.03%. Из халькофильных элементов пост-

янно присутствуют свинец, молибден, мышьяк, медь - тысячные-сотые доли процента. Ураноносные горизонты прослеживаются на большие расстояния при мощности 0.2-1.0 м.

Сульфидно-урановая минерализация связана с континентальными красноватными отложениями верхнего девона - нижнего карбона. Высокие содержания урана приурочены к серо-зеленоцветным горизонтам алевролитов, аргиллитов алевропесчаников озерного происхождения. Урановое оруденение в виде уплощенных линз и лентообразных залежей охватывает площадь более 30 км<sup>2</sup>. На выходах продуктивных пачек на дневную поверхность обнаруживаются богатые рудные линзы, прослеживающиеся с перерывами на многие сотни метров и мощностью до 1 м в Сыдо-Ербинской впадине.

В западной и северной частях Моисеевской антиклинали в отложениях древних аллювиальных долин повышенные содержания урана до 100 г/т и более в ассоциации с мышьяком, молибденом, селеном и ванадием встречаются в стратиграфическом интервале до 150 м на площади около 20 км<sup>2</sup>.

В районе Кутень-Булукской синклинали в терригенных отложениях нижнего карбона установлены повышенные содержания урана до 2 кг/т в ассоциации с свинцом, молибденом, мышьяком, цинком, селеном. Мощность ураноносных горизонтов составляет 20-40 см. Уран-ванадий-медная ассоциация обнаруживается на Подкунинском, Чебаковском, Подзаплотном, Моховском участках, где на поверхности отмечается радиоактивность 100-300 мкР/час.

4. На рассматриваемой территории известны многочисленные водные источники среди высокорadioактивных гранитов, углисто-кремнистых сланцев, обнажающихся по окраинам впадин. В отдельных источниках, которые нередко служат местом водопоя животных и обеспечения населения питьевой водой, содержание урана в воде достигает  $n \cdot 10^{-4}$  г/л, а концентрации радона - до 200-650 эман. В пределах Сонско-Богградской площади выявлены аномалии гелия до 3800 отн. %.

5. В размещении урановой минерализации прогиба устанавливаются закономерности. Наиболее благоприятными с радиозэкологической позиции являются южные районы. По мере продвижения на север отчетливо нарастает тенденция к обогащению ураном и другими элементами пород почвообразующего субстрата.

6. Требуется проведение радиозэкологических и экогеохимических исследований. На первом этапе следует провести обобщение уже имеющихся материалов с целью районирования территории прогиба по степени радиологической опасности, проведения анализа состояния здоровья населения, домашних животных, качества растительной продукции. По результатам первого этапа программа экологических исследований может быть уточнена.

# ЦЕЗИЙ-137 И ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ТУВЫ

## CEZIUM-137 AND NATURE RADIONUCLEIDES IN THE BIOGEOCENOSSES OF REPUBLIC TUVA

Щербов Б.Л., Лебедев В.Л., Страховенко В.Д., Орлова С.В., Колмогорова М.Г.  
Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

Среди всех компонентов биогеоценоза мхи, лесные подстилки и целинные вы являются наиболее информативными в отношении радиоактивного загрязнения природы. Аналогия Cs-137 с элементом-биофилом калием позволяет ему вращаться в биологический круговорот, что обуславливает долговременную дозовую нагрузку на компоненты природы. Высокая миграционная способность радиоизотова служит причиной активного их перераспределения в экосистемах (Мамихин и др., 1994 и др.). Поведению радионуклидов в компонентах биогеоценоза посвящено большое количество исследований, но совместное их нахождение с естественными радионуклидами почти не изучено, если не считать единичных работ (Романов и др., 1980; Гавшин и др., 1993). Это и послужило причиной рассмотрения поведения Cs-137 и природных радионуклидов U, Th, и K в почвах, мхах, лесных подстилках и травянистых растениях Тувы.

Для исследования отобраны гилокомиевые и энтодонтовые мхи, лесные подстилки хвойных деревьев, целинные почвы и травянистые растения. Мхи, подстилки и целинные почвы опробованы послойно, у трав - корневые и надземные части. Естественные радиоактивные элементы (уран эквивалентный радию, торий и калий) и цезий-137 определены гамма-спектрометрическим методом на основе методических разработок В.А. Боброва и А.М. Гофмана (1971). Метрологические характеристики выведены по данным анализа стандартных образцов (Гавшин, Бобров, 1979). Пороги чувствительности для U (Ra) и Th составляют 0.3-0.4 г/т, для K 0.20 %.

Почвы в местах отбора растительных компонентов представлены главным образом, горно-луговыми черноземами и бурыми лесными землями. Средние содержания естественных радионуклидов в почвах колеблются в широком диапазоне: 0-14.5 г/т для U (Ra), 0.3-14.5 г/т для Th и 0.04-3.2 % для K, что является отражением большого разнообразия почвообразующих пород. Так, в районе г. Хову-Аксы, где почвообразующими породами служат неогеновые отложения, сформированные продуктами разрушения низкофоновых интрузий таннуольского комплекса, содержание в почвах U (Ra) составляет 0.5-0.7 г/т, Th - 0.9-1.0 г/т и K - 0.2-0.6 %. В сравнении с ними заметно обогащены черноземы в некоторых районах Западной Тувы, образованные на метаморфитах джебашской свиты ордовика с высоким уровнем содержания естественных радионуклидов (Митропольский и др., 1975): U (Ra) - 2.0-2.4 г/т,

Th - 7.4-7.5 г/т, К - 2.0-2.4 %. В вертикальном профиле почв все три элемента распределены весьма неоднозначно и неравномерно: коэффициент накопления их в дерновом слое относительно гумусового горизонта для U (Ra) колеблется от 0.33 до 1.97, Th - от 0.35 до 1.2, К - от 0.41 до 1.2.

Цезий-137 в почвах Тувы распределен очень контрастно: его суммарная активность колеблется от 0 до 114 мКи/км<sup>2</sup>. Низкими содержаниями характеризуются почвы сухостепных, полупустынных и заболоченных ландшафтов, а также пойм рек. Почвы горно-таежных районов, где, в основном, опробовались растительные компоненты, имеют повышенную активность Cs-137. В почвенных профилях радиоцезий чаще всего концентрируется на 90-100 % в дерновом слое; проникновение его в более глубокие горизонты отмечается только в песчаных или содержащих слюдястый материал почвах.

Травянистые растения, представленные полынью, чием, ковылем, крохохлебкой, пионом, солодкой и чабрецом, практически повсеместно накапливают калий наземной частью. Корневая их система концентрирует калий менее заметно более активно - U (Ra) и Th. В сравнении с мхами и лесными подстилками травы более активно захватывают естественные радионуклиды, хотя эта закономерность имеет исключения.

Цезий-137 в травах не концентрируется: его активность в стеблях и листьях чаще всего составляет 0-5 Бк/кг, редко достигая 10-15 Бк/кг. В корнях она гораздо выше и колеблется в значениях 20-35 Бк/кг и лишь в одном случае из 23 достигает 50 Бк/кг. Следует отметить, что растения с глубоко проникающей корневой системой в корнях Cs-137 или не содержат, или он обнаруживается на пределе чувствительности анализа. К таким растениям относятся солодка, крохохлебка и т.п. В противоположность им полынь, чай и другие, т.е. те, у которых корни располагаются в верхней части почвенного профиля, где обычно сосредотачивается радиоцезий, характеризуются более высокой его активностью. Для этих трав отмечается прямая зависимость между уровнем Cs-137 в корнях и почвах. По-видимому, это явление связано с присутствием радиоцезия в составе мелкозема, от которого освободиться при подготовке проб к анализу практически невозможно.

Мхи и лесные подстилки являются наиболее интересным объектом в плане сравнения захвата ими естественных и искусственных радионуклидов. Эти компоненты биоценоза в сравнении с почвами существенно обеднены U(Ra), Th и К, но обогащены Cs-137, о чем свидетельствуют коэффициенты концентрации радионуклидов (отношение содержания в подстилках и мхах к содержанию в почвах), табл.1.

Природные радионуклиды в целом не накапливаются во мхах и подстилках, хотя три разреза являются исключением из этого правила. Если для урана и тория

выглядит естественным, поскольку они относятся к элементам слабого биологического захвата, то несколько неожиданным оказались очень низкие коэффициенты концентрации для калия, отнесенного А.И. Перельманом (1975) к активным биофи-

Таблица 1

Средние содержания и коэффициенты концентрации радионуклидов (К) в лесных подстилках и мхах относительно почв

Компонент	U (Ra)		Th		K		Cs-137	
	г/т	(К)	г/т	(К)	%	(К)	Бк/кг	(К)
Лесные под- стилки (3 разрезав)	<u>0.58</u>	<u>0.28</u>	<u>1.3</u>	<u>0.26</u>	<u>0.38</u>	<u>0.25</u>	<u>1057</u>	<u>13.1</u>
	0.08- 1.33	0.08- 0.59	0.29-3.8	0.29-3.8	0.03-0.75	0.08-0.45	438- 1707	3.2- 46.4
Мхи (3 разрезав)	<u>0.93</u>	<u>0.53</u>	<u>1.6</u>	<u>0.24</u>	<u>0.41</u>	<u>0.24</u>	<u>528</u>	<u>9.9</u>
	0.0-3.7	0.1-1.7	0.28-5.1	0.02-0.64	0.0-0.89	0.05-0.6	92- 1464	1.3- 26.5

Замечание: числитель - среднее значение, знаменатель - предельные средние значения в отдельных разрезах.

В вертикальном распределении природных радионуклидов как в подстилках, так и во мхах следует отметить только одну закономерность: в интервалах с повышенной активностью Cs-137 отмечается резкое уменьшение содержания вплоть до исчезновения U, Th и особенно K. Причем, низкие концентрации Cs-137 не влияют на распределение отмеченных элементов.

Процессы поведения и пути поступления естественных и искусственных радионуклидов различны: для урана, тория и калия это почвы, для Cs-137 - радиоактивные выпадения из атмосферы. Механизм захвата естественных радионуклидов сводится к их всасыванию растениями с почвенными растворами. Искусственные радионуклиды поступают как через корневую систему, так и в результате непосредственного проникновения в тела мхов, листву и хвою деревьев после выпадения на них с дождями или аэрозолями. Дальнейшая их судьба сложна и разнообразна.

В лесных подстилках происходит неоднократный переход Cs-137 в почву, затем в крону деревьев и вновь в опад. В конечном итоге он накапливается в подстилке, хотя некоторая его часть выносится почвенными растворами. Разложение опадающей фитомассы под действием дождевых осадков и действием живых организмов ведет к увеличению и повышению сорбционной емкости, что обуславливает более активное накопление и миграцию радионуклидов. Вынос радионуклидов из подстилок зависит от количества атмосферных осадков, температурных колебаний и др. (Krieger, Burmann, 1969; Алексахин, Нарышкин, 1977; Witkamp, 1972 и др.)

Из всех растений мхи обладают наивысшей способностью к накоплению радионуклидов, что связано с их большой сорбционной способностью на единицу мас-



сы. В хвойных лесах в развитом моховом покрове задерживается 93 % выпавшего из атмосферы Cs-137. Коэффициенты накопления Cs-137 у мхов варьируют в пределах 0.2 до 4.0 (Молчанова, Боченина, 1980; Ананян и др., 1991; Witkamp, Frank, 1967 и др.). В наших исследованиях они еще выше (табл. 1), что, скорее всего, связано с более высокой дозой их облучения. Это же замечание можно отнести и к лесным подстилкам.

Для вертикального распределения Cs-137 во мхах и подстилках характерна его повышенная концентрация в средних и нижних интервалах опробования. Верхние (растущие) части мхов, как и свежая хвоя, содержат небольшие количества Cs-137. В некоторых разрезах мхов отмечается два резких пика, что свидетельствует, во-первых, о двукратном заражении местности, и, во-вторых, о прочном закреплении его в телах мхов.

Наиболее интересной в распределении естественных радионуклидов и Cs-137 представляется отчетливая обратная зависимость содержания U (Ra), Th и K от уровня активности Cs-137. Это подтверждено и корреляционным анализом, показавшим значимую отрицательную связь. В то же время U (Ra), Th и K положительно коррелируют с зольностью мхов и подстилок, у Cs-137 эта зависимость отсутствует.

Поскольку все четыре радионуклида определены одним анализом, можно было бы предположить влияние гамма-линий урана, тория и калия на фотопики радиоцезия или наоборот. Однако контрольное атомно-абсорбционное определение калия выявило ту же самую тенденцию его распределения. Следовательно, это дает основание предположить какие-то другие причины выявленной закономерности.

Как показано многочисленными экспериментальными работами и натурными наблюдениями, воздействие ионизирующего излучения на компоненты фитоценоза небольшими дозами положительно влияет на растительные и животные организмы, стимулируя их рост, продлевая жизнь и повышая сопротивляемость к различным инфекциям. Дозы, сравнимые с природным фоном, никакого влияния не оказывают. Повышение радиоактивности влечет за собой усиливающееся угнетение растений, вызывает различные явления уродства и мутации. При очень высоких дозах может наступить летальный исход (Бреславец и др., 1935; Атабекова, 1938; Тимофеев-Ресовский и др., 1957; Куликов и др., 1962; Lorenz, 1950; Brunst, 1952; Andreoni e. a., 1950 и другие).

Несмотря на то, что уран и торий не относятся к биофильным элементам, какое-то их накопление в растительных организмах все-таки происходит. Калий является сильным биофилом, поэтому его участие в жизни растений несомненно. Резкое уменьшение содержания естественных радионуклидов в интервалах с повышенной активностью Cs-137 позволяет предположить угнетающее воздействие радиоактивных выпадений на жизненные функции различных растений. Этот тезис



основывается на анализе 51 разреза лесных подстилок и мхов, собранных, в основном, в горно-таежных ландшафтах.

Поскольку почвы являются биокосной системой, было интересно проследить отмеченную закономерность и для них. Анализ данных по 89 профилям показывает, что эта зависимость отчетливо проявляется в дерновом слое при активности Cs-137 около 70-80 Бк/кг, хотя в отдельных случаях она установлена и при более низких значениях.

Несомненно, приведенные выводы не могут рассматриваться как окончательные и требуют дополнительных как аналитических данных по другим биофильным элементам, так и методических разработок.

### **ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР В РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

#### **INDICATIVE ROLE OF LAKE BOTTOM DEPOSITS IN THE RADIOACTIVE POLLUTION ON THE SOUTH OF WEST SIBERIA**

Щербов Б.Л., Маликов Ю.И., Страховенко В.Д., Орлова С.В.,  
Колмогорова М.Г.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

Бессточные или слабопроточные водоемы относятся к формам ландшафта с высокой аккумулятивной способностью по отношению к различного рода загрязнителям. Здесь проявляются процессы как первичной, так и вторичной аккумуляции загрязняющих веществ, транспортируемых из районов их первичного накопления (Гуров, Керцман, 1991; Лебединский, 1992 и др.). Послойное изучение донных отложений может дать представление о времени их заражения тем или иным компонентом техногенного происхождения, что, однако, требует знания скорости накопления осадков, а это, в свою очередь, является не простой задачей.

В 1993 -1994 гг. изучены донные отложения более 70 озер в Новосибирской области, Туве и на Алтае. Все эти регионы находятся в зоне влияния радиоактивных выпадений от активного проведения ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне в 1949-1962 гг. Опробование проведено цилиндрическим пробоотборником с лепестковым затвором летом с катамарана, зимой со льда. Мощность отобранных кернов колеблется от 0,4 до 1 м. Каждый керн разделен на трех-сантиметровые пробы, в которых гамма-спектрометрией определен Cs -137. В некоторых водоемах бета-радиометрическим методом с химической подготовкой определен Sr-90.

В выборку вошли озера, расположенные в различных ландшафтных зонах от полупустынных до высокогорных. Состав вод колеблется от пресных до сильносоленых с залежами солей преимущественно сульфатного ряда на донных нерастворимых отложениях. Глубина водоемов в степных и полупустынных районах невелика (1,5-2,5 м), в горных ландшафтах она достигает в местах опробования 10-15 м. Донные отложения имеют состав от сапропелевых до глинистых и песчаных с различными вариациями соотношения этих компонентов. В некоторых озерах Тувы накопление осадков происходило хемогенным путем с накоплением глинисто-карбонатного материала.

Средний уровень загрязнения радиоцезием донных отложений изученных водоемов составляет 128 мКи/кв.км, что в 2,5 раза выше фонового уровня, принятого в настоящее время для целинных почв Западной Сибири - 50 мКи/кв.км. Это вполне понятно, если учесть, что из почв он постоянно выносится или в растворенном виде, или ветровой эрозией, а в водоемах накапливается.

По площади обследованных районов Cs-137 распределен крайне неравномерно, о чем свидетельствует разброс величин его суммарной активности в озерах даже одного и того же региона. Так, в Республике Тува она колеблется от 13 мКи/кв.км в оз. Хадын до 829 мКи/кв.км в оз. Убсу-Нур. Несомненно, одной из основных причин отмеченных вариаций служит мозаичное выпадение радиоактивных осадков при проведении ядерных испытаний или от различных аварий на промышленных предприятиях, космических аппаратах и т.д. Однако следует думать, что это не единственная причина.

Оценить латеральные размеры радиоактивного загрязнения иловых залежей представляется задачей трудоемкой. На оз. Колыванском (юг Алтайского края, в Телецком озере и в некоторых других водоемах донные отложения опробованы в нескольких разрезах. Аналитические данные показывают весьма широкий размах активности радиоцезия по площади отдельного водоема. Так, на Колыванском озере (площадь акватории составляет около 8 км<sup>2</sup>), где осадки изучены в 15 разрезах, предельная суммарная загрязненность Cs-137 колеблется от 9,8 до 245 мКи/км<sup>2</sup>. Озеро относится к слабопроточным водоемам: в него впадают два ручья и одна небольшая река, и одна вытекает из него. В местах, прилегающих к устьям водотоков, донные отложения характеризуются невысоким уровнем активности Cs-137 (от 10 до 73 мКи/км<sup>2</sup>); по мере удаления от них он увеличивается и в "застойных" местах достигает существенных величин (от 119 до 245 мКи/км<sup>2</sup>). В этом случае можно было бы предположить влияние различного состава осадков в разных местах на распределение радиоцезия по площади, однако, заметного различия их не наблюдается. Эти данные свидетельствуют о том, что гидродинамический режим водоема влияет на латеральное распределение Cs-137 в иловых залежах.

С другой стороны, донные отложения Телецкого озера, опробованные в северо-западном его окончании, также имеют одинаковый сапропелево-глинистый состав. Тем не менее, в пяти пунктах наблюдения уровень активности Cs-137 колеблется от 49 до 175 мКи/кв.км. Водный режим в этой акватории одинаков во всех точках наблюдения, поэтому вариации уровня запасов Cs-137 можно отнести на счет неравномерного первичного или вторичного загрязнения.

В степной части Алтайского края отмечается закономерное понижение концентрации радиоцезия с увеличением в осадках песчаной составляющей. Повышенная активность наиболее характерна для донных отложений сапропелево-глинистого состава. В осадках, образованных хемогенным путем, запасы Cs-137 также достаточно высоки и достигают 113-315 мКи/км<sup>2</sup>. Эти сведения дают основание считать состав осадков одним из важных факторов, контролирующих пространственное распределение Cs-137.

Вертикальное распределение радиоцезия в донных отложениях неоднозначно. Анализ полученных данных позволяет выделить четыре основных типа. Наиболее распространенным является тот из них, при котором самое высокое содержание Cs-137 наблюдается в верхних интервалах опробования (0-3 и 3-6 см), ниже которых оно более или менее постепенно убывает к нижним уровням с полным исчезновением на глубине 15-25 см, реже - 30-45 см, что, по-видимому, зависит от различной скорости накопления осадков в разных озерах,

Ко второму типу следует отнести распределение, где повышенная концентрация встречается в интервале 20-30 см, выше и ниже которого происходит достаточно резкое падение активности Cs-137. Третий тип характеризуется двумя, отчетливо выраженными пиками в интервалах 10 и 20-30 см, что, скорее всего, свидетельствует о неоднократном выпадении радиоактивных осадков на акваторию водоема. Отличительной чертой четвертого типа является наличие повышенной концентрации на глубине и в самом верхнем интервале опробования (0-3 см). Интересно, что все четыре типа распределения Cs-137 можно встретить в одном и том же водоеме.

Если резкое повышение активности Cs-137 в глубинных интервалах можно связать со временем прохождения радиоактивных облаков от испытаний ядерных устройств на Семипалатинском полигоне (что дает возможность оценить скорость накопления осадков в исследованных озерах), то для объяснения увеличения активности в самых верхах разрезов требуются другие аргументы.

Как показано И. Грайнером (1993) на примере некоторых германских озер, испытавших влияние чернобыльской аварии, в процессе формирования осадков происходит постоянная экстракция Cs-137 из донных отложений в придонные слои воды. С другой стороны, через относительно большие промежутки времени после

поступления радионуклидов в водоем их количество постепенно возрастает в поверхностных слоях разреза: они постоянно поступают туда с детритом и осаждающимися неорганическими частицами, а также отмирающей биомассой. Одновременно происходит частичное перераспределение - обратное поступление радионуклидов в воду и новое накопление их укореняющимися растениями и бентосом. Отмирание биомассы вновь возвращает их в донные отложения (Тимофеева-Ресовская и др., 1962).

Нельзя не учитывать и вторичное загрязнение, возникающее в результате перераспределения радионуклидов по поверхности земли. Для решения этой задачи нами предпринята попытка сопоставить уровень суммарной активности Cs-137 в донных отложениях с размерами площадей водосбора. Озера выбраны в одной ландшафтной зоне - Степном Алтае. Для большинства изученных водоемов отмечается отчетливая положительная корреляция, однако, в некоторых озерах эта взаимосвязь отсутствует. Очевидно, она и не должна проявляться для всех водоемов. Во-первых, потому что площадь водосбора и количество выпавших радиоактивных осадков как на нее, так и на саму акваторию изучаемого озера, учесть практически невозможно. Во-вторых, как отмечалось выше, латеральное и акваториальное радиоактивное загрязнение имеет весьма неравномерный характер. И, в-третьих, следует учитывать, что отдельные компоненты ландшафта и различные типы почв по-разному задерживают радиоактивные изотопы, что без скрупулезных и весьма трудоемких работ учесть не представляется возможным.

В донных отложениях некоторых озер Алтайского края и Тувы определены Sr-90 и Cs-134. Соотношение Cs-137/Cs-134 колеблется в широких пределах от 50 до 250, что указывает на существенный вклад в загрязнение обследованных территорий глобальных радиоактивных выпадений от аварии на Чернобыльской АЭС. Этот вывод подтверждается и присутствием Cs-134 в пробах мха, отобранного на берегу Телецкого озера в 1995 г.

Стронций-90 активно участвует в загрязнении изученных водоемов. К сожалению, не представилось возможным оценить суммарный уровень его активности в донных отложениях, однако, следует думать, что он достаточно высок. В отличие от Cs-137 радиоактивный стронций проникает в более глубокие горизонты осадков. Например, в оз. Малый Азас (Тоджинская котловина в северо-восточной Туве) активность радиоцезия заканчивается на глубине 20 см, составляя всего 2 Бк/кг, в то время как уровень Sr-90 в конце опробованного интервала (40 см) достигает 35,3 Бк/кг. Следует думать, что он проникает в более глубокие горизонты донных отложений, что связано с большей чем у Cs-137 геохимической подвижностью, отмечаемой всеми исследователями поведения искусственных радионуклидов в различных

онентах природы (Алексахин, Нарышкин, 1977; Павлоцкая, 1981; Куликов и др., и многие другие).

Таким образом, характер и уровень загрязнения донных отложений искусственными радионуклидами, а также латеральное и вертикальное их распределение обуславливаются целым рядом факторов, среди которых основными являются мозаичное выпадение радиоактивных осадков, гидродинамическими условиями течений, составом осадочного материала, вторичным загрязнением и перераспределением радионуклидов после их выпадения из атмосферы.

Полученные данные показывают, что практически вся территория юга Западной Сибири в различное время подвергалась существенному радиоактивному загрязнению от разных источников.

#### ЛИТЕРАТУРА

Алексахин Р. М., Нарышкин М.А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. -М.: Наука, 1977, 142 с. Грайнер И. Фиксация и мобилизация радионуклидов в пресноводных озерах. //Геохимия, 1993, N 10. -С.1505-1509.

Гуров В.Н., Керцман В.М. Рельеф как фактор возможного перемещения радионуклидов// Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере. Тез. докл. 5 конф. Пушино, 1991.-С. 17.

Куликов Н.В., Молчанов И.В., Караваева Е.Н. Радиоэкология почвенно-стилового покрова. Свердловск, УрО АН СССР, 1990.- 172 с.

Лебединский М.Н. Радиационная емкость ландшафта: содержательный анализ понятия, терминология, перспективные направления исследований// География и природные ресурсы, 1992, N 4. С. 22-28.

Павлоцкая Ф.И. Формы нахождения и миграции радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. Автореф. дисс. ... докт. хим. наук. М.:ГЕОХИ СССР, 1981.- 43 с.

Тимофеева-Ресовская Е.А., Агафонов Б.М., Тимофеев-Ресовский Н.В. О миграции радионуклидов в водоемах // Сб. работ лаб. биофизики, IV.Тр. Ин-та биологии УФАИ СССР, N 22, 1962.-С. 49-67.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ РАДИОАКТИВНЫМИ  
ВЕЩЕСТВАМИ ОТ ВЗРЫВА, ПРОИЗВЕДЕННОГО 29.08.49 г. НА  
СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ**

POLLUTION OF THE TERRITORY OF ALTAY DISTRICT BY RADIOACTIVE  
PARTICLES CAUSED BY THE ATOMIC EXPLOSURE ON THE SEMIPALATINSK  
RANGE.

Тушков Б.П., Евстигнеев В.В., Лукьянцева М.В., \* Бойко В.И.

Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул,

\* Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

Испытания первой советской атомной бомбы проходили при неблагоприятных погодных условиях: наблюдалась низкая облачность; порывы ветра достигали 20 м/с; местами шел дождь. Мощность взорванного ядерного устройства составляла около 20 кт тротилового эквивалента. Образовавшееся радиоактивное облако поднялось на небольшую высоту и стало перемещаться по направлению ветра в сторону Алтайского края.

После взрыва специалисты полигона произвели воздушную и наземную разведки расположения следа, результаты которых до 1994 года находились в архиве полигона и были недоступны ученым. В 1992 году, когда начались широкомасштабные исследования влияния ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне на здоровье жителей Алтайского края, возник вопрос о том, где произошли радиоактивные выпадения от взрыва 1949 года. Этот вопрос стал особенно острым после того, как учеными Центрального физико-технического института МО на основе математического моделирования было доказано, что вклад взрыва 1949 года в коллективную дозу облучения населения Алтайского края, образованную от всех взрывов, составляет 65%. Определить расположение следа от взрыва 1949 года методом математического моделирования практически невозможно, так как отсутствует необходимая база данных по метеоусловиям: нет сведений о температуре воздуха, скорости и направлении ветра на разных высотах во время проведения испытания.

Надежным способом восстановления следа от взрыва 1949 года является его обнаружение на основе содержания Cs-137 в почве. Для этого нами с 1992 по 1994 год совместно с учеными из Томского политехнического университета были определены запасы Cs-137 в почве западных и юго-западных районов Алтайского края. Почву отбирали послойно через 5 см до глубины 40 см по 7 трансектам, расположенным перпендикулярно предполагаемому направлению движения облака. Длина трансектов составляла от 30 км в западных районах до 100 км в юго-западных. Далее измеряли удельную активность проб почвы по Cs-137 с последующим выделением плотности накопленного цезия. Во всех трансектах плотность накопленного



№ 137 имеет значения от 50-60 до 170-250 мКи/км<sup>2</sup>. В каждом трансекте были обнаружены пункты с большим запасом радиоактивного цезия. Линия, проведенная между такими точками, является осью следа от взрыва 1949 года. Она прошла по населенным пунктам: Топольное, Веселоярск, Варшава, Курья. В пунктах отбора, расположенных в северной стороне трансектов, плотность накопленного цезия равна примерно значению глобального фона, который для этих районов составляет 50 мКи/км<sup>2</sup>.

При взрыве ядерного устройства, образуется около 300 радиоактивных элементов с периодом полураспада от долей секунды до десятков и сотен лет. Западная граница Алтайского края находится на расстоянии 140 км от полигона. Радиоактивное облако от взрыва 1949 года, при средней скорости ветра 15 м/с, достигло границ Алтайского края менее чем за 3 часа. К этому моменту в облаке осталось около 80 радионуклидов, период полураспада которых составлял более часа. Из них только 10 внесли существенный вклад в дозу внешнего облучения жителей края. Радионуклиды и их процентный вклад в дозу приведены в табл. 1.

Доза внешнего облучения образована воздействием гамма-излучения от радионуклидов, находившихся в радиоактивном облаке, и выпавших на почву. Следует отметить, что при сильном ветре радиоактивное облако проходит над населенным пунктом примерно за 30 минут, поэтому вклад в дозу облучения от радиоактивного облака в этом случае незначителен.

Расчет доз внешнего облучения от взрыва 1949 года проводили в несколько этапов. С помощью методов математического моделирования рассчитывали процессы образования радиоактивного облака, движение его по направлению ветра и выпадение из него радионуклидов на подстилающую поверхность.

Таблица 1

Перечень радионуклидов, выпавших на территории западных районов Алтайского края и давших наибольший вклад в дозу внешнего облучения населения

№	Нуклид	T <sub>1/2</sub>	Выход при делении, Бк/кг	Вклад в дозу внешнего облучения, %
1	Y-93	10.3 ч	1.04*10 <sup>5</sup>	0.11
2	Zr-95+Nb-95m	64.1 д	5.52*10 <sup>2</sup>	0.93
3	Zr-97+Nb-97m	17.0 ч	2.20*10 <sup>6</sup>	42.26
4	I-131	8.1 д	2.81*10 <sup>3</sup>	0.31
5	Te-131m	30.0 ч	2.14*10 <sup>5</sup>	10.56
6	Te-132	78.2 ч	2.28*10 <sup>5</sup>	3.02
7	I-135+Xe-135m	6.6 ч	3.62*10 <sup>6</sup>	39.34
8	Ba-140	12.8 д	1.98*10 <sup>4</sup>	1.85
9	La-140	40.3 ч	1.89*10 <sup>4</sup>	1.33
10	Ce-143	33.0 ч	1.37*10 <sup>4</sup>	0.19



После этого производили корректировку рассчитанных значений плотности выпадений радионуклидов на основе запасов Cs-137, полученных экспериментально. Затем определяли дозные коэффициенты для радионуклидов, внесших вклад в дозу внешнего облучения более 0,1% и по ним рассчитывали дозы облучения от каждого радионуклида. На заключительном этапе вычислений дозы суммировались. Для некоторых населенных пунктов дозы внешнего облучения приведены в табл. 2

Таблица 2

Дозы внешнего облучения, полученные жителями некоторых населенных пунктов Алтайского края

	Населенный пункт	Плотность накопленного Cs-137, мКи/км <sup>2</sup>	Доза внешнего облучения, сЗв
1	Лаптев Лог	118	126
2	Беленькое	119	127
3	Мещанка	162	217
4	Топольное	180	252
5	Казанцево Веселоярск	130	151
6	Варшава	105	103
7	Новофирсово	145	152
8	урья	187	221
9	ст.Таловка	182	205
10	азанцево	177	197

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ ОБЬ

RADIOECOLOGY SITUATION ON THE TERRITORY DRAINAGE BASIN OF RIVER OBI

Рихванов Л.П.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 35

тел./ факс 41-89-10

Радиоэкологическая обстановка на территории бассейна реки Обь, состоящего около 2990 тыс.км<sup>2</sup>, определяется как природными, так и техногенными факторами.

Природными факторами радиоэкологической обстановки за счет высокого содержания естественных радионуклидов на территории следует считать (Рихванов, Рихванова, 1994):

1. Наличие крупных месторождений ильменит-цирконовых песков и других месторождений, содержащих повышенные концентрации тория, урана и других земель, а также месторождений радиоактивных руд (левые притоки реки Томи и др.).

2. Распространение гранитоидов с повышенным содержанием урана и тория (Алокуринский, колыванский, чебулинский и другие комплексы).

3. Развитие некоторых типов угленосных отложений (бурые угли, лигниты и т.д.), содержащих повышенные концентрации радиоактивных элементов (Итатское бурое угольное месторождение в Кузбассе, лигниты Томской области и т.д.).

4. Поступление на поверхность пластовых вод при отработке нефтяных месторождений.

5. Повышенные концентрации урана (до  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  г/л) в питьевых водах за счет особенностей их формирования в геологических формациях, специализированных на уран.

6. Существование крупных золоотвалов ТЭЦ и ГРЭС с повышенными содержаниями естественных радионуклидов, загрязнение природной среды пылеаэрозольными выбросами от сгорания углей.

7. Отсыпка дорог в населенных пунктах шлаками с повышенным содержанием урана и тория, производимых на территории, так и привозимых из вне.

Эпизодический завоз на территорию фосфатной муки, минеральных удобрений с высоким содержанием естественных радионуклидов.

Несанкционированное использование материалов с высокими содержаниями радиоэлементов приводит к общему повышению радиационного фона выше природного (1, 2, 3, 6, 7 факторы); образованию и накоплению радиоактивного газа без запаха и цвета - РАДОНА (1, 2, 3, 4, 5, 6 факторы), являющегося одним из опаснейших канцерогенов в силу того, что он является альфа-излучателем. В ряде случаев, радиоактивные элементы (уран, торий) и сопутствующие им редкие земли, накапливаясь в воде до высоких концентраций, становятся мощными "ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ БОМБАМИ" химической природы с замедленным действием (уран, например, является почечным ядом).

На сегодняшний день на территории бассейна реки Обь известно достаточно большое число случаев, установления зон и площадей высокого радиационного риска обусловленного природными радиационными факторами.

В большинстве случаев эти участки могут быть довольно оперативно и с высокой степенью достоверности установлены методами аэрогамма-спектрометрии, автогамма-спектрометрии и т.д.

Для выполнения этих видов работ в бассейне реки Обь имеется специализированное высококласное производственное предприятие "Березовгеология" (Новосибирск).

Техногенные радиационные факторы, их реальные и потенциальные источники на территории Западной Сибири (85 % площади бассейна р. Обь расположено на Западно-Сибирской низменности) весьма разнообразны (рис.1).

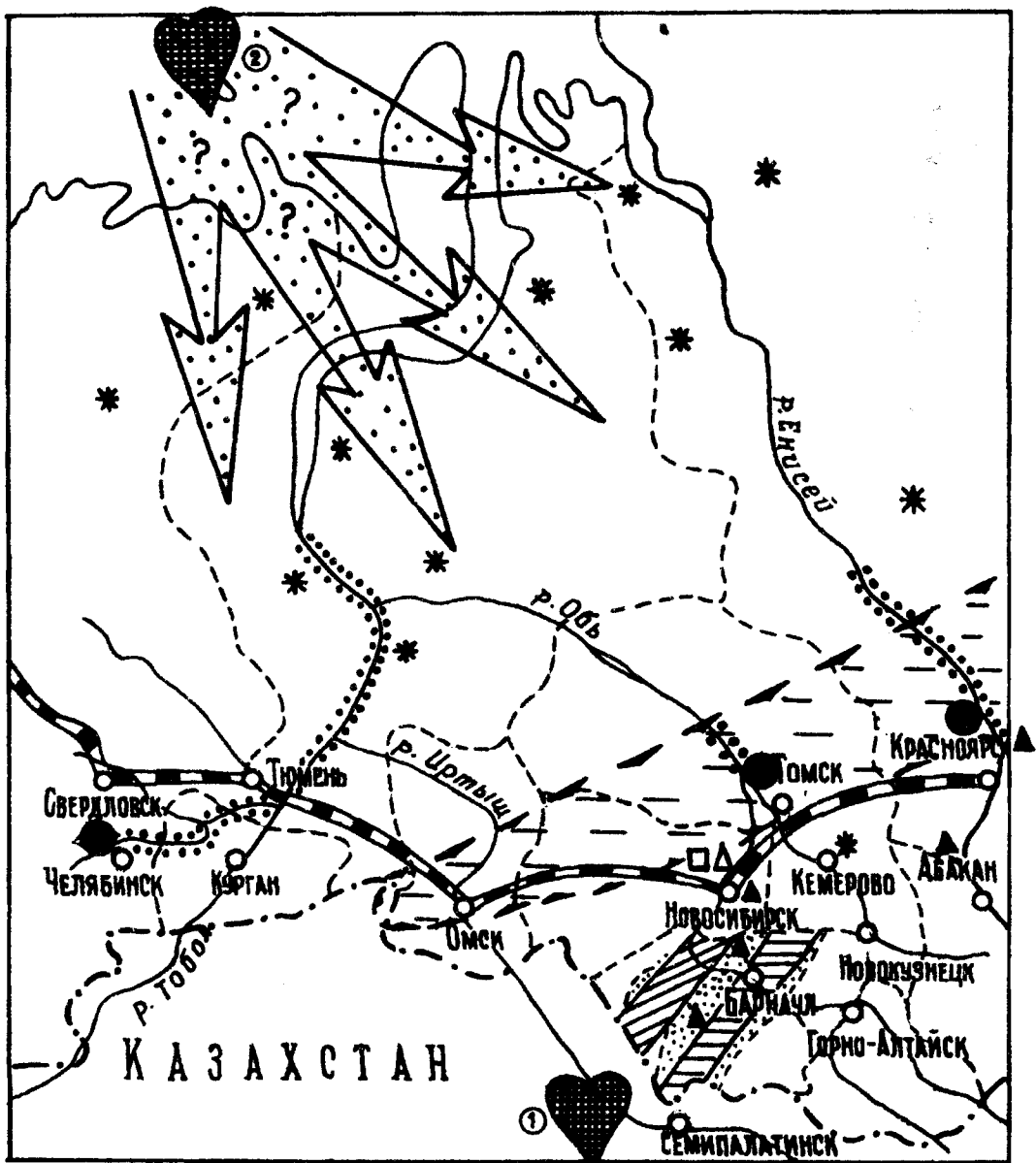


Рис. 1. Схематическая карта локализации радиационных факторов техногенной природы, их реальных и потенциальных источников Западной Сибири

- ♥ - полигоны испытания ядерного оружия: 1 - Семипалатинск; 2 - Новая Земля
- \* - места проведения подземных ядерных взрывов народно- хозяйственных целях
- 1 Δ 2 - предприятия ядерного топливного цикла 1 - производство плутония, обогащение урана и т.д.; 2 - производство ТВЭЛов с прудами отстойниками, пунктами захоронения радиоактивных отходов
- ++++ - сброс радионуклидов в открытые водотоки
- - зона дальнего выпадения радионуклидов от взрыва на Тоцком полигоне
- 1 2 3 - положение радиоактивных следов на территории Алтайского края от взрывов на Семипалатинском полигоне: 1- 1949, 2- 1961, 3- 1962
- - спецкомбинат "Радон"
- ▲ - места размещения ядерного оружия (по сообщению ТВ "Губернские новости" от 14.10.95 со ссылкой на "Гринпис")
- — — - пути транспортировки ядерных материалов
- → → - возможные пути разноса радионуклидов от испытания на Новой Земле

Основными реальными и потенциальными источниками радиационного воздействия техногенной природы на территории обского бассейна являются и могут быть:

1. Испытания ядерных устройств на Семипалатинском (Казахстан), Новозеландском и Тоцком полигонах, а также глобальные выпадения аэрозолей от испытаний ядерного оружия на полигонах Китая и других стран.

2. Проведение ядерных взрывов в скважинах для повышения нефтеотдачи пластов, решения геолого-геофизических и других задач.

3. Штатная деятельность предприятий ядерного топливного цикла (НПО "Маяк", Челябинск-65, г. Озерск; Сибирский химический комбинат, Томск-7, Северск; Красноярский горно-химический комбинат (Красноярск-26, г. Железнодорожск, Новосибирский завод химконцентратов).

4. Технологические аварии на предприятиях ЯТЦ (Челябинск-60 - 1957; Томск-7 - 1993 и т.д.).

5. Пункты централизованного захоронения и длительного хранения радиоактивных веществ и материалов (спецкомбинат "Радон" в районе станции Чик Новосибирской области; пруды-отстойники, хранилища твердых материалов на предприятиях ЯТЦ).

6. Закачки жидких радиоактивных отходов в геологические формации (СХК, Красноярский ГХК) на глубины до 400 метров.

7. Проявление халатности и беззаботности при организации хранения и использования технических устройств (индикаторы, эталоны, источники, препараты и т.д.), в которых используются радиоактивные изотопы цезия, стронция, кобальта, плутония и т.д.).

8. Потенциальным источником радиационной опасности могут быть базы хранения и боевого дежурства ракет с ядерными боеголовками, находящихся под контролем Министерства Обороны.

Испытания ядерного оружия, до 1963 года проводившиеся в атмосфере, нанесли существенный вред радиозкологической обстановке как на всей планете, так и в Сибирском регионе.

Воздействие полигона, расположенного в Семипалатинской области Казахстана, на территорию бассейна реки Обь более или менее оценено для территории Алтайского края ("Ядерные испытания, окружающая Среда", Барнаул, 1993) и сегодня его пытаются оценить в Республиках Горный Алтай, Тува, Хакассия, а также Новосибирской и Кемеровской областях (Логачев и др., 1994), где признаки присутствия следов от ядерных устройств 1949, 1961, 1962 гг. и др. обнаруживаются и граница Алтайского края, конечно же, не является границей их распространения (рис. 1). Об этом, прежде всего, свидетельствуют архивные данные геологических предприя-

тий Сибири (ГПП "Березовгеология", "Сосновгеология", Горной экспедиции, Зап-Сибгеология и др.). По этим материалам хронологически с точностью до суток, можно определить, когда радиоактивные аэрозоли достигли той или иной территории.

Какова степень воздействия ядерных взрывов, проведенных на СИП на территорию обского бассейна, в том числе и от взрывов сверхмощных ядерных зарядов (в том числе более 10 Мт) остается только предполагать, т.к. доступной информации по этому вопросу нет, а имеющиеся сведения (Харитонов и др., 1992 и др.) дают только самые общие представления.

На территории бассейна р. Обь в 1965-1988 г.г. была проведена серия подземных ядерных взрывов (ПЯВ) (около 12) в промышленных целях, местоположение и характеристика дана Ю.В. Дубасовым и др. (1994), а также В.И. Булановым (1993). Судя по официальным сообщениям, радиационная обстановка в местах проведения ПЯВ находится на уровне естественного регионального фона, но при этом не сообщается что-либо о загрязнении подземной гидросферы, а в данном случае это самая основная потенциальная радиационная опасность.

Основными источниками повышенной радиационной опасности являются предприятия ЯТЦ, два крупнейших из них находятся в бассейне р. Обь (СХК на р. Томь, правый приток, НПО "Маяк", верховье левых притоков р. Иртыш, р.р. Теча, Исеть, Пышма и др.). Воздействие на окружающую среду этих объектов происходит как в штатном режиме деятельности, так и при аварийных выбросах (Рихванов, 1995).

Следует особо отметить, что действие вышерассмотренных радиационных факторов протекает на фоне общего химического загрязнения территории бассейна р. Обь (рис.2). В районах верхней и средней частей бассейна действуют многочисленные химические и нефтехимические производства, алюминиевые и металлургические комплексы, горнодобывающие предприятия (при этом значительная доля загрязнений приходится на предприятия Республики Казахстан - Усть-Каменогорск, Павлодар и др.). В районах средней и нижней части бассейна ведется интенсивная добыча нефти и газа. Данная территория является зоной падения ступеней ракет, запускаемых с полигонов в Байконуре и Плесецке и сопровождается загрязнением природной среды гептилом и другими химическими веществами.

Именно действие этих предприятий привело к тому, что воды р.р. Тобол, Томь, Чулым в 1994 году отнесены к категориям рек с чрезвычайно сильным уровнем загрязнения, непригодными для водопользования.

Таким образом, в обском бассейне проявляется мощное сочетание воздействия радиационных, радиационно-химических факторов, что, конечно, сказывается на нозологической структуре заболеваемости населения и особенностях проявления того или иного заболевания (Журавлев, 1990).

Все это обуславливает крайнюю необходимость комплексного мониторинга бассейна р. Обь с оценкой факторов химического и радиационного характера на состояние здоровья населения, последующего восстановления природной среды и профилактики заболеваемости.



Рис.2. Схематическая карта расположения источников химического загрязнения региона

- ▲ - химические и нефтехимические производства
  - - производство алюминия
  - - производство глинозема
  - - комплекс металлургических производств
  - основные районы добычи:
  - ⊗ - нефть и газ
  - ⊗ - уголь
  - ⚡ - реки, вода которых непригодна для потребления
  - ⊗ - районы падения ступеней ракет с района Байканура
  - ⚡ - места испытаний (1) и хранения химического оружия (2)
- X 2 (по Федорову, 1994).



## ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ЕНИСЕЙ

### PROBLEMS OF RADIOACTIVE POLLUTION OF THE BASIN ENISEY RIVER

Тимофеев В.А.

663148, Россия, Красноярский край, Енисейский район, с. Верхнепашино, а/я 43

Проблема радиоактивного загрязнения окружающей среды в Красноярском крае достаточно актуальна, хотя, может быть, не так остра, как в Челябинской, Томской, Свердловской областях и регионах России, подвергшихся воздействию опытий ядерного оружия и Чернобыльской катастрофы.

Размещение на территории края мощностей по производству плутония-239 привело к рассеиванию в окружающей среде и включению в миграционные процессы техногенных радионуклидов осколочного и активационного генезиса.

Технология производственного процесса была построена таким образом, что реакторные воды прямоточных реакторов АД и ДДЭ-1, нарабатывающих плутоний-239, сбрасывались в водный поток Енисея без элементарного охлаждения, отстаивания и осаждения радионуклидов. Положение усугублялось утечками жидких радиоактивных вод радиохимического производства.

Регулярное поступление радиоактивных элементов в природную миграционную схему послужило причиной загрязнения аллювиальных отложений реки, водных и околородных растений и ихтиофауны.

На всем протяжении реки в современных кластических и биогенных отложениях сформировались "месторождения" техногенных радиоактивных элементов (преимущественно цезия-137) на локальных участках, как правило, закономерных размещенных в интервалах с замедленным течением реки. В ряде случаев концентрация радионуклидов в определенном стратиграфическом уровне по активности соответствует категории твердых радиоактивных отходов, подлежащих дезактивации.

Наряду с дисперсно рассеянными в массе кластического материала радионуклидами, обнаружены высокоактивные частицы размерами от 0,01 до 0,2 мкм. Матрица частиц преимущественно графитовая. Максимальная МЭД частиц достигает 20+25 мР/ч. В частицах диагностированы цезий-134,137, европий-152,154, кобальт-60, рутений-103,106, ниобий-95 и цирконий-95. В последние два года в частицах не обнаружены короткоживущие изотопы, что может свидетельствовать о том, что их поступление в водный бассейн прекратилось в связи с реконструкцией схемы сброса реакторных вод через бассейн-отстойник.

В целом, в последние годы наблюдается тенденция снижения концентрации техногенных радионуклидов в водной фазе, донных и береговых осадках и ихтиофауне. Причина здесь в сокращении количества сбрасываемых в Енисей реактор-



к вод с остановкой в июле и сентябре 1992 года двух реакторов и прекращения производства плутония-239.

От катастрофического радиоактивного загрязнения регион уберегло применение способа подземного захоронения жидких радиоактивных отходов на полигоне Северном, споры вокруг безопасности и надежности которого не утихают по сей день. Тем не менее, полигон Северный следует рассматривать как меньшее "зло" в сравнении с иными способами хранения и утилизации ЖРО.

На протяжении пяти лет, несмотря на финансовые и организационные трудности, в Красноярском крае продолжают независимые радиоэкологические исследования с соблюдением присущих геолого-геофизическим поисковым работам методических требований. В настоящее время готовится проект дезактивации стратифицированной погребенной залежи РАО, залегающей на территории г. Енисейска в Эсегевом склоне, разведка которой завершена в 1995 году.

Радиоэкологические исследования находят понимание и поддержку администрации Красноярского края, г. Енисейска, Комитета по охране природы и руководства Красноярского ГХК.

## **РАДИАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) RADIATION PROBLEMS ON THE TERRITORY OF THE REBUBLIC OF SACHA (YAKUTIA)**

Чомчоев А.И.

Палата Представителей Государственного Собрания (Ил Тумен) Республики Саха (Якутия), 677022, Россия, Республика Саха (Якутия), г.Якутск, ул. Кирова, 11, тел. (411-22) 4-01-51, факс (411-22) 4-19-72

Республика Саха (Якутия) занимает одну пятую часть территории Российской Федерации (3,5 миллиона квадратных километров). Здесь проживает чуть более 1 миллиона человек. Территория Якутии имеет сложное геологическое строение и благодаря этому очень богата разнообразными полезными ископаемыми. В основном, эти факторы сыграли большую роль в нарушении радиационного равновесия в условиях вечной мерзлоты, сурового климата и хрупкой экосистемы Севера.

Как известно, основной вклад в радиоактивное загрязнение Северных территорий России внесли серии мощных воздушных взрывов, проведенные на Новой Земле в период с 1955г. по 1962 г. включительно. Было проведено около 90 атмосферных и подводных ядерных взрывов, в т. ч. самый мощный (58 мегатонн), за всю историю испытания ядерного оружия, термоядерной бомбы.

Атмосферные ядерные взрывы на Новой Земле проводились с расчетом "розы ветров", чтобы радиоактивные облака не смогли загрязнить территории сопредельных государств. Поэтому вся "грязь", в основном, выпала на малонаселенную территорию страны, образовав две группы максимумов "ПЯТЕН" радиоактивных выпадений, первая из которых приходится на акваторию Карского моря, а вторая формируется между г. Якутском и Верхоянском Республики Саха.

По расчетам ученых и специалистов, максимальные плотности поверхностного загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90 в зоне второго "пятна" могут достигать по расчетам  $300 \text{ мКи/км}^2$ , что превышает средний уровень загрязнения архипелага Новая Земля по цезию-137 в 3 раза, по стронцию-90 в 7 раз. Тем не менее, дополнительная к естественному радиационному фону мощность дозы гамма-излучения, создаваемая выпавшими радиоактивными продуктами ядерных взрывов по состоянию на 1990 г. не превышает  $2 \text{ мР/ч}$ , включая и районы с повышенным уровнем загрязнения.

Ретроспективная оценка радиационной обстановки показывает, что доза внешнего облучения населения, проживающего на загрязненных территориях в районе "пятен" от момента начала воздушных ядерных испытаний на полигоне по настоящее время, могла составить  $10 \dots 20 \text{ Р}$  при дозе от естественных источников излучения за тот же период времени  $1,5 \text{ Р}$ . Основное накопление дозы при этом происходило в период атмосферных испытаний и в первые несколько лет после их прекращения.

Причиной высокого радиоактивного выпадения является интенсивный период испытаний на Новой Земле, который приходится на 1958 г. (26 взрывов в атмосфере и под водой), 1961 и 1962 г. (24 и 36 испытаний, соответственно) и все в атмосфере. Их совокупный тротиловый эквивалент превышает  $90 \text{ Мт}$ . Такой колоссальной нагрузки не знал ни один из всех существующих или существовавших на земле ядерных полигонов. Для сравнения можно сказать, что суммарная мощность 259 взрывов, произведенных в атмосфере с 1949 г. по 1974 г. США, Великобританией и Францией вместе взятых, составляет 93 мегатонны. Китай в период с 1964 г. по 1980 г. произвел 22 испытания в атмосфере общей мощностью  $12,7 \text{ Мт}$  тротилового эквивалента.

Следует заметить, что в конце 50-х годов в начале 60-х на территории вдоль побережья севера Якутии геофизики при радиометрических поисках фиксировали значения выше  $1000 \text{ мР/ч}$ ., но они не знали, что "фонят" искусственные радионуклиды. В те годы дозиметрическая оснащенность не позволяла отличить искусственные радионуклиды от естественных.

Следующей радиационной проблемой является в Республике Саха (Якутия) наличие радиоактивных отвалов.

Многолетние геологоразведочные работы привели к созданию на поверхности земли залежей радиоактивных отвалов. Складированные запасы урановых отходов в центральном Алдане только вблизи п. Заречный составляют 250 тысяч тонн. Общий объем горнорудной массы по 8-ми месторождениям Алданского района составляет 421700 м<sup>3</sup> с общим весом 1011507 тонн и суммарной активностью горнорудной массы  $2305398 \times 10^{12}$  Беккерель, т.е. 62308 Кюри. При поисках месторождений урана выявлено более 15 тысяч радиометрических аномалий, из них на поверхности более 10 тысяч, в том числе, несколько сотен аномалий и рудопроявлений с интенсивностью от 200-500 до 1500 мкР/ч.

Технологии извлечения и обогащения золота, олова из россыпных месторождений в республике также сопровождаются накоплением радиоактивных отходов. Радиоактивность оловянных концентратов достигает, в отдельных случаях, до 100-3000 мкР/ч.

В настоящий момент источниками радиоактивного загрязнения являются отвалы месторождений урана "Сугун" (Момский улус) Алданского улуса, отвалы Мурунского рудного поля (Олекминского улуса), монацитовые россыпи в Нерюнгринском улусе (п. Васильевка), отвалы с редкоземельным радиоактивным минералом баритом (Усть-Янский улус), редкоземельное месторождение "Томтор" (Эленекский улус).

Сложную проблему создали проведенные на территории республики подземные ядерные взрывы (ПЯВ) в мирных целях.

На территории Российской Федерации до 1988 года проведено 81 подземных ядерных взрывов в мирных целях. Из них 12 (т.е. 15 % от общего количества) проведены на территории Республики Саха (Якутия) за период с 1974 г. по 1987 г., два - "Кратон-3", "Кристалл") официально признаны аварийными. Оба взрыва сопровождались выбросом радионуклидов в атмосферу. На объекте "Кристалл" установлено содержание плутония - 239,240, превышающее стандарты МАГАТЭ (0,001 Бк/г) в пределах от 6 до 35500 раз. Максимальное содержание плутония - 239,240 выявлено в 20 метрах от эпицентра взрыва на северо-восток (азимут 60°) в слое почвы 0- 5 см от поверхности - 35,5 Бк/г. Содержание цезия - 137 в этом месте составило 19,34 Бк/г.

На "Кратон-3" максимальное превышение загрязнения над глобальным загрязнением было в 300 раз (0,30 Бк/г).

В результате проведения подземного ядерного взрыва "Кратон-4" в районе озера Ниджили Кобяйского улуса в 1978 г. отмечались сильные водопесчаные грифоны, многочисленные трещины в земле, изменения уровня воды в озере через час после взрыва.

В республике ведется изучение концентраций радона в населенных пунктах так, измерение концентрации радона в п. Заречный Алданского улуса в 1992-1993 г. в жилых и социально-бытовых помещениях показало существующее превышение содержания радона над допустимыми нормами в 1/4 обследованных помещений. Концентрация радона доходит до  $1000 \text{ Бк/м}^3$ , тогда как допустимая доза около  $100 \text{ Бк/м}^3$ .

Нельзя обойти проблемы искусственных источников радиации в Республике Саха. По состоянию 01. 01. 93 г. на территории республики 232 учреждения на 725 объектах использовали или хранили 3570 зарегистрированных изотопных источников с суммарной активностью 665743 Кюри. Из них выделяются радиоизотопные тепло-электрогенераторы (РИТЭГи) " атомные батареи ", обеспечивающие работу автоматических метеостанций и маяков, разбросанных в количестве 15 штук по побережью и островам Восточно-Сибирского моря. Суммарная активность РИТЭГов достигает 500000 Кюри.

Совершенно новой проблемой стало истощение озонового слоя над территорией республики, в результате чего увеличивается солнечная радиация.

Дефицит озона по сравнению с климатическими нормами по данным Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО) составил:

	март	апрель	май
1992 г.	15%	15%	10%
1993 г.	20%	20%	15%

Содержание озона на территории республики в 1994 году в течение почти всего периода было пониженным. В среднем за год отклонение от нормы составило 5-10%. В отдельные дни содержание озона было ниже нормы на 30-40%, но носит кратковременный характер.

Наиболее опасным из последствий истощения озонового слоя является увеличение уровня облученности биологически активным ультрафиолетом, могущим вызвать рост офтальмологических заболеваний, а также дерматических заболеваний населения. Кроме того, возможно радиационное повреждение сельскохозяйственных культур и лесных экосистем.

Парламент, Президент, Правительство, ученые и специалисты Республики Саха (Якутия) не только изучают радиационные проблемы на территории Республики и принимают практические меры по защите населения от отрицательных воздействий ионизирующего излучения. О них можно ознакомиться в Сборнике докладов Республиканской научно-практической конференции (Якутск, 14-15 января 1993 г.)

**РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТАХ АВАРИЙНЫХ ПОДЗЕМНЫХ  
ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ "КРАТОН-3" И "КРИСТАЛЛ" В МИРНИНСКОМ УЛУСЕ  
РЕСПУБЛИКИ САХА**

**RADIATION SITUATION AT THE SITES OF UNDERGROUND NUCLEAR BLASTS  
"KRATON-3" AND "KRISTALL" IN MIRNY ULUS OF THE REPUBLIC SAKHA**

Бурцев И.С., Колодезникова Е.Н.

Государственный комитет Республики Саха (Якутия) по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ГКЧС РС (Я)), 667892, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Октябрьская, 8, тел./факс (411-22) 4-49-96

На территории Якутии в период с 1974 по 1987 год различными союзными ведомствами было проведено 12 подземных ядерных взрывов в т.н. "мирных целях", два из которых ("Кратон-3" и "Кристалл") по результатам комплексных радиологических исследований 1990 года были признаны аварийными.

В пробах почвы этих объектов в 1992 году в результате радиохимических анализов в НПО "Радиевый институт им. Хлопина" были обнаружены изотопы плутония-239,240 – основного материала ядерных зарядов, имеющего период полураспада 24 тысячи лет.

Летом 1993 года ГКЧС РС организовал и провел повторную радиологическую экспедицию "Марха-93" на объектах. В результате проведенных работ подтверждается значительное радиационное загрязнение территорий объектов такими долгоживущими радионуклидами, как цезий-137, стронций-90, плутоний-239,240, америций-241, кобальт-60 и сурьма-125 в концентрациях, многократно превышающих глобальные и фоновые уровни загрязнения этими радионуклидами, а также критерии и нормы, принятые в Российской Федерации. Доказана миграция этих радионуклидов в речную систему. Особую опасность представляют обнаруженные на объектах плутоний-239,240 и америций-241, относящиеся к наивысшей группе радиационной опасности. Плутоний был обнаружен не только в почве, но и в коре "мертвых" деревьев и ягеле, и даже в лосином помете.

По данным дозиметрических и радиометрических наблюдений гамма-фон на объектах постепенно снижается. Со временем, возможно, гамма-фон полностью восстановится, но он не может отражать действительную радиационную обстановку, так как плутоний и америций являются альфа-, а стронций-90 - бета - излучателями.

Результаты исследований показывают, что рекультивационные работы, проведенные на объектах, не принесли нужного результата. Для окончательного

устранения радиационной опасности в регионе, нужен большой объем исследовательских, проектных и реабилитационных работ.

Для решения этого комплекса работ в настоящее время составлена комплексная программа, рассчитанная на 1996-2000 годы, финансирование которой предусматривается из средств федерального бюджета.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РИСК-МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗОНЕ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

USE OF A METHOD OF THE ANALYSIS OF RISK FOR VALUATION OF A CONDITION  
OF AN ENVIRONMENT AND THE ACCEPTANCE OF THE DECISIONS IN ZONE OF  
POSSIBLE INFLUENCE OF SIBERIAN GROUP OF CHEMICAL ENTERPRISES

Васильев К.Ф., Мерзляков А.Л., Крепак А.С.

Комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов,  
636070, Россия, г. Северск, ул. Лесная, 9а, а/я 473, тел. 78-42-40

Методология анализа риска общепризнана и находит широкое практическое применение в наиболее развитых странах мира для оценки степени риска проживания населения на той или иной территории и принятия на её основе научных, административно-хозяйственных, экономических, экологических и даже политических решений. Данная методология является попыткой применения количественных методов теории вероятностей и физики для принятия решения в условиях неопределенности.

Наиболее последовательно и полно риск-методология, основывающаяся на вероятностных критериях безопасности (ВБК), используется в атомной энергетике, где наиболее требовательно и пунктуально относятся к вопросам безопасности. Однако данная методология универсальна и применима ко всем сферам деятельности человека, включая его быт и досуг. В качестве основного показателя в риск-анализе принимается индивидуальный риск летального исхода  $R(t)$ , определяемый как вероятность смерти отдельного человека в результате тех или иных событий, являющихся деятельностью, эксплуатации объектов и так далее за время  $(t)$ . Если известно для какой-то конкретной причины  $R(t) = 10^{-6}$ , то это означает, что один человек из миллиона подверженных воздействию данной причины умрет от этого воздействия. Обычно все оценки риска приводятся на единицу времени - год. На основании анализа оценок риска можно определить величину снижения средней (ожидаемой) продолжительности предстоящей жизни ( $T_{cn}$ ) от того или иного риска.

Человеку по его природе отпущено определенное (теоретически, при идеальных условиях) количество лет жизни ( $T_T$ ) - 100, 200 или даже больше. У специалистов нет единого мнения на этот счет. Но можно предположить, что достигнутая средняя продолжительность жизни, которая в разных странах мира составляет величину от 40 до 89 лет, значительно (в 1.5, 2 и даже более раз) меньше величины  $T_T$ . И причина этого заключается в том, что проживание человека на земле сопряжено со многими факторами риска, которые могут приводить к его смерти от заболевания или каких-либо внешних воздействий. Все действующие на человека факторы риска условно можно разделить на 4 большие группы:

- природно-климатические факторы риска;
- генетические факторы риска;
- социально-экономические факторы риска;
- техногенные факторы риска.

Для населения конкретного региона действие местных условий (природно-климатические факторы риска) и генетический запас здоровья (генетические факторы риска) определяют среднюю генетическую продолжительность жизни популяции данной территории ( $T_{CT}$ ). При отсутствии негативного (неблагоприятного) воздействия на население региона социально-экономических и техногенных факторов величина  $T_{CT}$  достигает максимального значения.

На практике негативное влияние социально-экономических и техногенных факторов обязательно существует и может достигать заметных величин. Тем более, это характерно для городов, расположенных в зоне влияния крупных радиационно- и химически опасных объектов. Для них обязательно необходимо учитывать техногенные факторы риска, основными из которых являются:

- радиационный риск, существующий и потенциальный, ( $R_p$ ). Радиационный риск обусловлен внешним и/или внутренним облучением человека, которое может приводить к нарушению функций организма, в том числе и на генном уровне. Эти нарушения могут выражаться, в зависимости от полученной дозы, в острой лучевой болезни, лейкемии или твердых раках с периодом проявления от нескольких суток до десятков лет;

- токсический (химический) риск, существующий и потенциальный, ( $R_T$ ). Токсический риск обусловлен попаданием в организм человека чуждых ему химических веществ в количествах, которые могут приводить к его заболеванию и смерти, в том числе и в отдаленном будущем, с периодом проявления также от нескольких суток до десятков лет. Последствия токсического воздействия на организм человека также, как и радиационного, могут сказываться и на его будущих поколениях.



Действие для этих регионов других техногенных факторов (шумовых, электромагнитных и так далее) обычно значительно меньше, поэтому ими можно пренебречь.

При анализе влияния техногенных факторов можно принять риск, обусловленный влиянием местных и общегосударственных (мировых) социально-экономических факторов, как фоновый ( $R_{\phi}$ ). Величина  $R_{\phi}$  определяется материальным, психическим и духовным благополучием человека, уверенностью его в завтрашнем дне. Все это находится в полном соответствии с самим определением здоровья, данным ВОЗ: Здоровье - отсутствие болезней и духовное и психическое благополучие человека. В число наиболее характерных факторов этой группы (фоновый риск) входят уровень доходов и потребительских цен на товары и услуги, возможность их получения, преступность и семейные отношения, атмосфера в рабочем коллективе и вероятность потерять работу, образование и культура, медицинское социальное обеспечение, налоги и эффективность отдыха, наличие телефона и отношения между людьми в быту и многое-многое другое, без чего немислима современная жизнь.

Неблагоприятное воздействие всех этих факторов определяет для данного населения фактическую среднюю продолжительность жизни ( $T_{\text{СП}}$ ):

$$T_{\text{СП}} = T_{\text{СТ}} - T_{\text{СТ}} * R_{\phi} - T_{\text{СТ}} * R_{\text{T}} - T_{\text{СТ}} * R_{\text{P}} = T_{\text{СТ}} * (1 - R_{\phi} - R_{\text{T}} - R_{\text{P}}). \quad (1)$$

В формуле (1) величина  $T_{\text{СП}}$  рассчитывается по методике ВОЗ, величину  $T_{\text{СТ}}$  можно определить на основании экспертных оценок,  $R_{\text{T}}$  и  $R_{\text{P}}$  - по существующим уточняемым и вновь разрабатываемым методикам оценок риска. Для получения этих оценок риска часто используют показатели, предложенные Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ), которые определяются по следующим формулам:

$$R(t) = \int_T^{\infty} dr/du * du, \quad (2)$$

$$dr/du = S(T, u) (dp/du), \quad (3)$$

плотность безусловной вероятности смерти от той или иной причины;

$S(T, u)$  - модифицированная вероятность выживания;

$(dp/du)$  - плотность условной вероятности смерти от той или иной причины;

$u$  - текущий возраст, (лет);

$T$  - возраст в начале периода воздействия той или иной причины, (лет).

По обобщающим оценкам, величина  $R_{\text{P}}$  для различных регионов России составляет величину порядка  $1 * 10^{-(5-6)}$  и определяется в основном существующим на данной территории природным радиационным фоном (исключая районы, попавшие в зону влияния последствий аварии на ЧАЭС, и приравняемые им регионы); ве-

$R_T - 1 \cdot 10^{-(2-6)}$ , на основании чего можно заключить, что даже для районов с напряженной экологической обстановкой вклад величин  $R_T$  и  $R_P$  в общую смертность населения и, следовательно, в снижение средней продолжительности жизни остается небольшим. Так, расчеты профессора Е.Е. Ковалева (Институт радиационной и экологической медицины РАМН) показали, что при однократном облучении в нулевом возрасте с получением дозы в 70 мЗв (7 бэр) сокращение продолжительности предстоящей жизни по сравнению с фоном составит 0,15 лет. При этом уровень риска оценивается величиной  $1,79 \cdot 10^{-4}$  на человека в год.

Получение же оценок величины  $R_\Phi$  связано с рядом допущений и многообразием индивидуально действующих факторов, которые очень трудно идентифицировать. Вместе с тем, за годы перестройки (с 1987 по 1993 годы, то есть за 6 лет) средняя продолжительность жизни по регионам России упала приблизительно на 4-5 лет вместе с падением жизненного уровня населения и усилением негативного воздействия других социально-экономических факторов. За это же время экологическая обстановка в России изменилась незначительно. Допуская неизменность величины  $(R_T + R_P)$ , можно предположить, что падение величины  $T_{СП}$  в России за это время на 5-8 % определяется только действием социально-экономических факторов.

а. Исходя из этого, можно оценить возрастание величины фонового риска к 2003 году приблизительно на  $5-7 \cdot 10^{-3}$ .

Следовательно, расчет величин  $R_T$  и  $R_P$  позволит оценить вклад каждого фактора риска и безопасность проживания населения данной территории, подверженной техногенным воздействиям вследствие функционирования крупных радиационно- и химически опасных объектов и своевременно проинформировать об этом население, тем самым снизив уровень стрессовых настроений и уменьшив при этом величину фонового риска. При этом достигается возможность выбрать приемлемый для данного региона уровень риска, исходя из экономических, технических и организационных соображений.

В настоящее время начата разработка риск-проекта г. Северска, расположенного в зоне влияния одного из крупнейших в мире промышленных комплексов по производству плутония и урана - Сибирского химического комбината (СХК). Выполнена экологическая карта зоны, которая включает все основные источники загрязнения и позволяет прогнозировать состояние окружающей среды при различных метеорологических условиях. Ситуационная схема тридцатикилометровой зоны представлена на рис. 1. Очевидно, что экологическую обстановку в зоне определяют, прежде всего:

1. Комплекс СХК, представленный заводом разделения изотопов; первым реакторным заводом, все три реактора которого в настоящее время остановлены; суб-

лиматным заводом; крупнейшей в области теплоэлектроцентралью (ТЭЦ); вторым реакторным заводом, имеющим в настоящее время два работающих реактора (АЭС-4,5); химико-металлургическим заводом (ХМЗ); радиохимическим заводом (РХЗ).

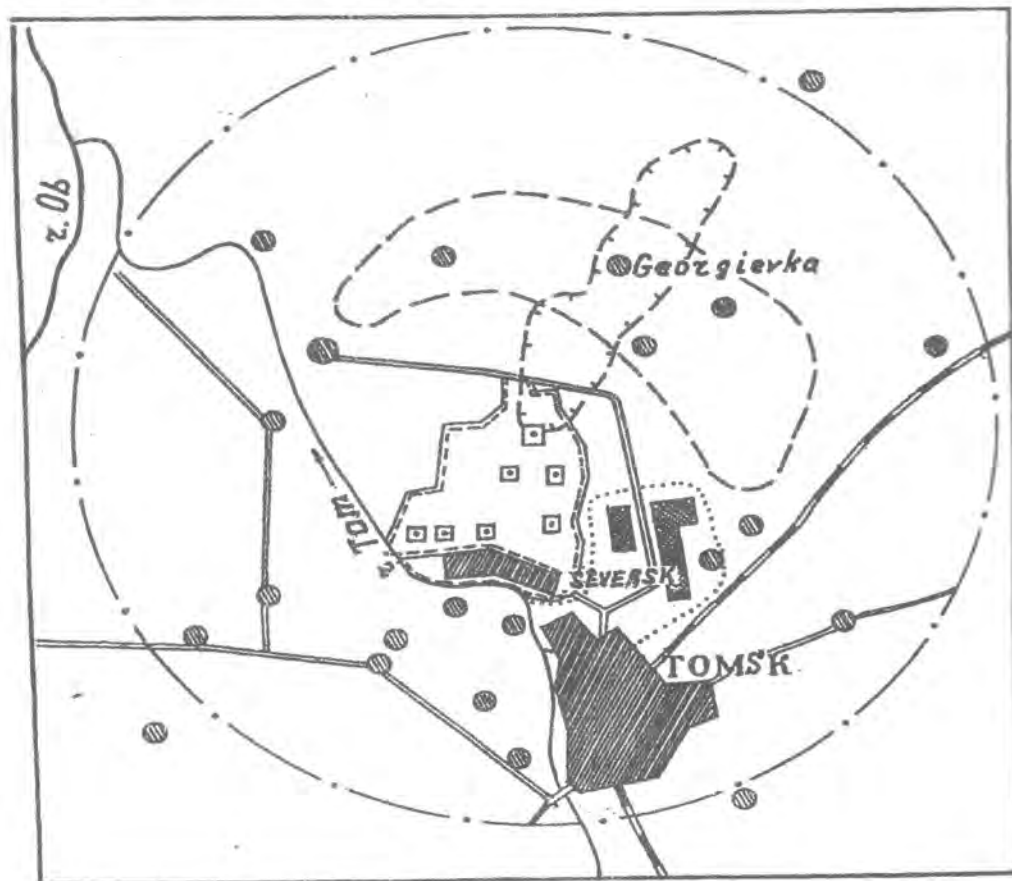


Fig. 1

- Boundary of a 30-km area
- The territory of the town residence area
- Small settlements
- Boundaries of SCP complex
- The territory of TPCP complex
- Zone of primary influence of SCP air effluents
- 06.04.93 accident trace on the radiochemical plant of SCP
- Roads
- Railroads
- Boundary of north industrial group in Tomsk
- SCP installations

ремонтно-механическим заводом; полигоном захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО); открытыми пульпо- и водохранилищами ЖРО и другими объектами.

2. Северный промузел города Томска, находящийся в 5-8 км от промзоны СХК в 2-5 км от границы жилой зоны города Северска и включающий Томский нефтемеханический комбинат, имеющий несколько крупнейших производств (метанола, этилена и пропилена, полипропилена, карбамидных смол и других); теплоэлектроцентраль ТЭЦ-3, первая очередь которого работает на газе, а вторая, строящаяся очередь, будет, возможно, работать на углях; а также многие другие предприятия.

3. Крупные птице- и животноводческие комплексы; река Томь, в верховьях которой расположено семь крупных промышленных городов Кузбасса, использующих реку для сброса жидких отходов; магистральный нефтепровод Александровское-Томск-Кузбасс и другие объекты хозяйственной деятельности.

I этап разработки риск-проекта включает инвентаризацию прямых и потенциальных источников загрязнения; оценку полноты исходных данных, необходимых для реализации методологии анализа риска; предварительный анализ накопленных исходных данных; определение научно-технических мероприятий для получения недостающих исходных данных с развитием всех видов мониторинга; оценку состояния здоровья населения г. Северска.

Исходными данными для настоящего исследования послужили госстатотчетность по смертности населения г. Северска, накопленная за период с 1965 по 1994 годы, результаты замеров загрязненности приземного слоя атмосферного воздуха и госстатотчетность СХК и ТНХК по выбросам ВХВ в атмосферу, а также результаты исследований, проводимых в рамках комплексного мониторинга состояния окружающей природной среды в г. Северске.

Численность населения г. Северска за последние 30 лет имела стойкую тенденцию к увеличению (рис. 2). Рост численности населения составлял 1,8-2,0 % в год. Смертность же населения г. Северска находилась на низком уровне (40-50 человек на 10000 жителей) и лишь в последнее время достигла среднероссийских показателей. Рост ее с 1965 по 1988 годы также составлял около 2 %. Тенденция ее резкого увеличения (примерно в 2 раза), проявившаяся в последние 6-8 лет, во многом определяется действием социально-экономических факторов и старением населения города, сопровождавшимся возрастанием числа жителей старше шестидесяти лет. Сегодня более 25 % жителей города составляют пенсионеры. Это особенно заметно при анализе тенденций изменения структуры населения города (рис. 3). В настоящее время большая часть первостроителей СХК и города достигли преклонного возраста. Одновременно со старением жителей увеличивалась смертность населения от онкологических заболеваний (рис. 4). При этом доля онкологических заболеваний в общей смертности населения практически не возрастала, а ее некото-

рое снижение за последние 7 лет (рис. 5) совпало с ухудшением экономической ситуации в России и городе и вызвано резким возрастанием общей смертности населения вследствие сердечно-сосудистых заболеваний (инсульты, инфаркты) неуверенности населения в завтрашнем дне и действия других социально-экономических факторов. Такие тенденции, согласно Госстатотчетности, отмечены для всех регионов России.



Рис. 2

Заметного влияния техногенных факторов на здоровье населения Северска на данном этапе разработки и реализации риск-проекта пока не выявлено. Проводимые мониторинговые исследования показали существенное снижение в последние годы экологической нагрузки на окружающую природную среду, что вызвано, в основном, резким падением производства на большинстве предприятий региона. Однако это не должно явиться причиной ослабления внимания к влиянию техногенных факторов на окружающую среду и здоровье населения.

Таким образом, использование методологии анализа риска для такого напряженного в экологическом отношении района, каким является наш регион, позволит оценить уровень безопасности проживания населения, выделить наиболее опасные в экологическом отношении объекты, определить приемлемый уровень риска и направить необходимые экономические и трудовые ресурсы для его достижения. Кроме того, появляется возможность еще на стадии экологической экспертизы сравнивать риск и, следовательно, безопасность различных объектов и сооружений. Например, сравнить безопасность АЭС и ТЭЦ одинаковой электрической

тепловой мощности и проинформировать Администрацию и население региона о величине риска эксплуатации данного объекта.

Структура населения г. Северска в 1987 и 1992 годах

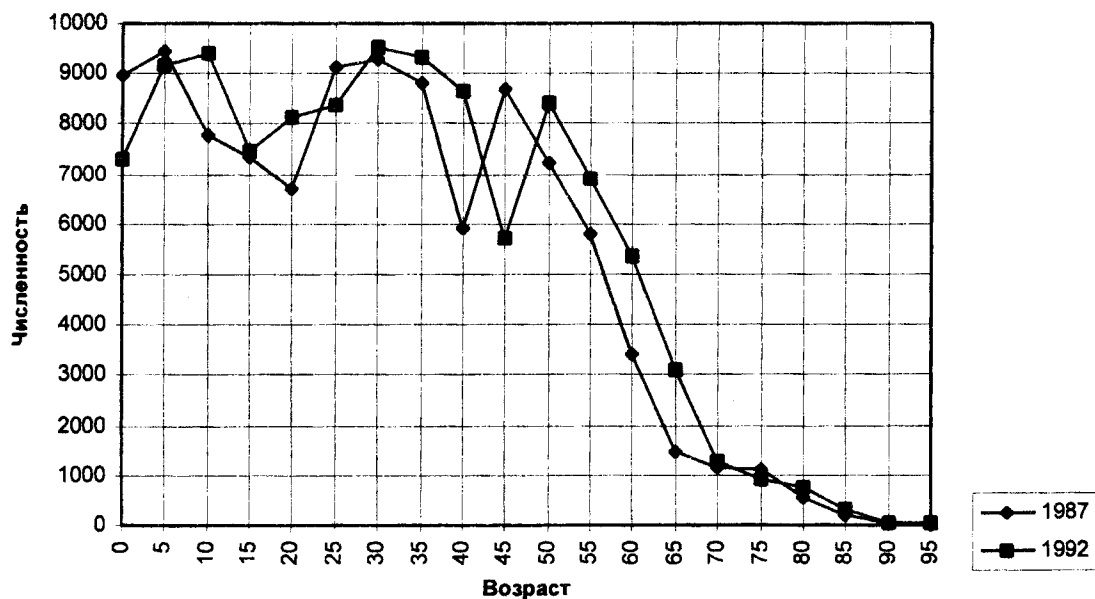


Рис. 3

Уровень смертности от онкологических заболеваний на 10000 жителей г. Северска

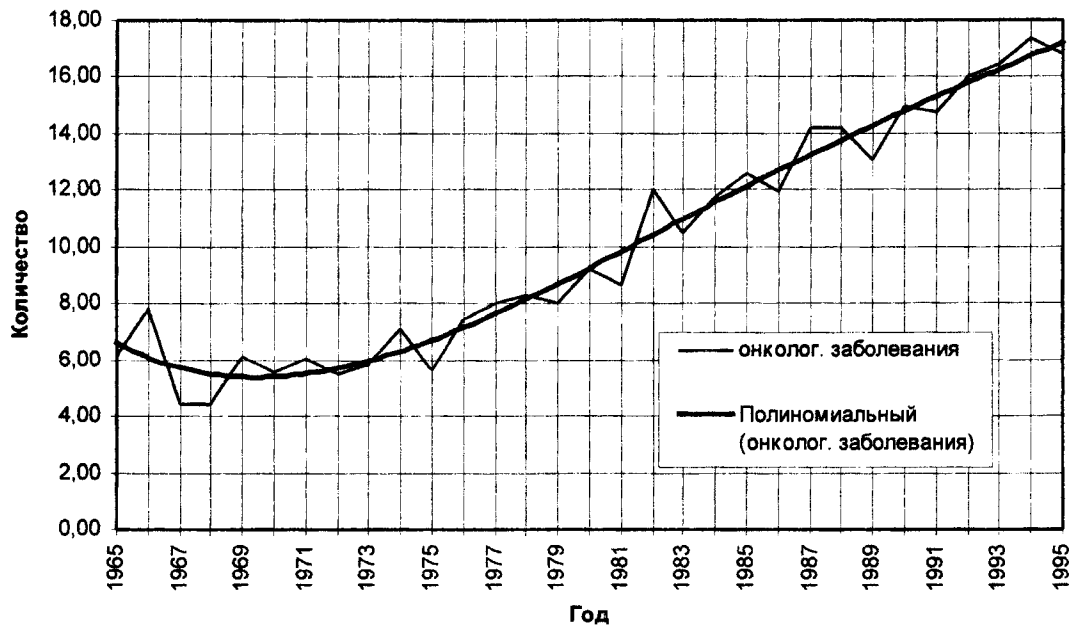


Рис. 4

### Доля онкологических заболеваний в общей смертности населения

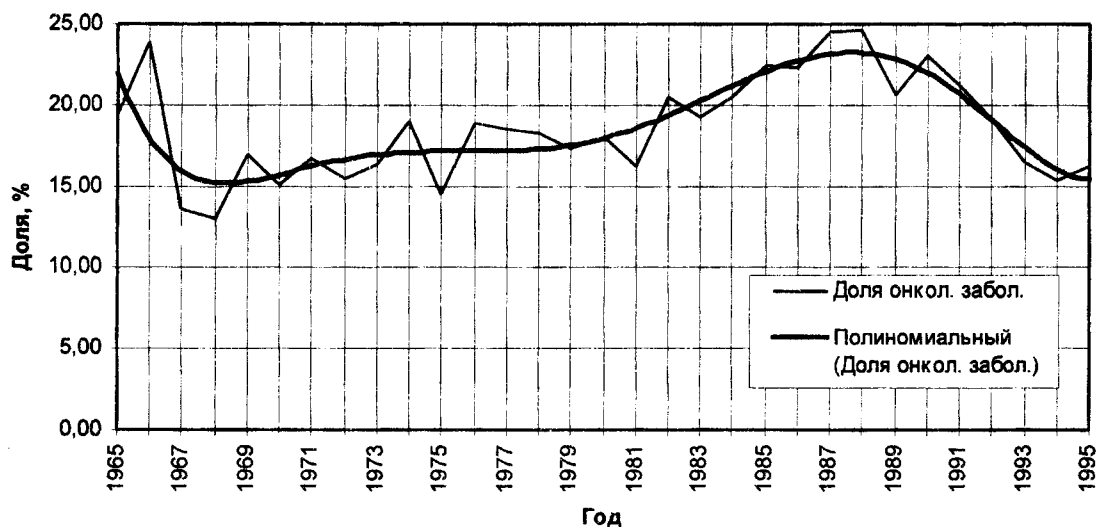


Рис. 5

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ г.ТОМСК-7 ПОСЛЕ АВАРИИ НА СХК MAIN RESULTS OF RADIOECOLOGICAL CONDITION STUDIES NEAR TOMSK-7 AFTER THE ACCIDENT AT SIBIRIAN CHEMICAL PLANT

Иванов А.Б., Герасимов Ю.С., Носов А.В.

Государственный институт прикладной экологии, Россия, г. Москва

тел. (095) 422-20-00, факс (095) 8838291, (095) 1274506,

E-mail: ROOT@PECOS.ISKRA.MSK.SU

В результате взрыва, произошедшего 6 апреля 1993 г. на радиохимическом заводе СХК, в окружающую среду было выброшено значительное количество дионуклидов, сформировавших на почве радиоактивный след. Сотрудники ГИПЭ приняли активное участие в работах по изучению последствий аварии для окружающей среды и дважды участвовали в полевых исследованиях.

В данном докладе приводятся основные результаты нашей работы.

Первый этап исследований радиационной обстановки на территории "следствия" был выполнен в апреле 1993 г. в составе оперативной группы Минприроды РФ. Исследования включали как наземные работы, так и аэрогамма-съёмку (АГС) загрязнённой территории. На этом этапе проводились оперативные исследования, во



авшие определение границы следа и уровни загрязнения местности радиоактивными веществами. Была отмечена высокая степень неоднородности радиоактивного загрязнения, а также дана оперативная оценка радиационной обстановки в населенных пунктах. Радиоактивный след по данным АГС протянулся в направлении ССВ на 30 км от источника выброса. Ширина следа составила 3-8 км. Общая площадь следа, ограниченная линией изодоз 20 мкР/час с учетом фона (8 мкР/час), приведенных к высоте 1 м над загрязненной поверхностью, составила около 150 км<sup>2</sup>. В эту зону попали деревни Георгиевка (население примерно 70 чел.), Малиновка (на самой границе следа) и сельхозугодья д. Наумовка, а также участок шоссе г.Томск - пос. Самусь [1].

Спектрометрический анализ проб выявил наличие на следе следующих основных дозообразующих радионуклидов: ниобий-95 ( $T_{1/2} = 35$  сут) - 42% от суммарного содержания техногенных нуклидов, цирконий-95 ( $T_{1/2} = 65$  сут) - 21%, рутений-106 ( $T_{1/2} = 371$  сут) - 35%. В небольших количествах были обнаружены рутений-103 и сурьма-125.

Максимальная плотность радиоактивных выпадений в апреле была зафиксирована на оси следа в районе 28,5 км шоссе г.Томск - пос. Самусь и составляла 130 Ки/км<sup>2</sup>. В д. Георгиевка средняя суммарная плотность загрязнения местности гамма-излучающими нуклидами составляла в апреле 7,1 Ки/км<sup>2</sup>. Плотность выпадений стронция-90 по результатам анализа проб снега не превышала 0,6 мКи/км<sup>2</sup>; суммарное содержание стронция-90 в верхнем 2-см слое почвы с учетом глобальных выпадений находилось на уровне 2,4-6,0 мКи/км<sup>2</sup>.

Особенностью загрязнения территории являлось наличие на почве большого количества "горячих" частиц активностью от  $10^{-11}$  до  $10^{-6}$  Ки/частицу. Плотность содержания частиц в районе д. Георгиевка и на оси следа достигала значений до 300 частиц/м<sup>2</sup>. В нуклидном составе частиц преобладали ниобий-95 и цирконий-95.

На втором этапе работ, проведенных в мае-июле, были выполнены дальнейшие исследования, направленные на уточнение границы следа после таяния снега и определена плотность загрязнения местности гамма-излучающими нуклидами, а также трансурановыми элементами. Измерения проводились как в стационарных условиях, так и в передвижной лаборатории, аккредитованной Госстандартом России. Всего было отобрано и проанализировано 170 проб почвы, 5 проб атмосферных аэрозолей, 10 проб воды и 50 проб донных отложений.

В д. Георгиевка средняя плотность загрязнения почвы гамма-излучающими нуклидами к июню снизилась до 4,5 Ки/км<sup>2</sup> (с колебаниями от 0,8 до 27 Ки/км<sup>2</sup>). В д. Малиновка - (0,3-4,0) Ки/км<sup>2</sup>. Плотность загрязнения д. Георгиевка изотопами плутония составляла (0,3-17) мКи/км<sup>2</sup>, что близко к фоновому уровню.

Содержание суммы изотопов плутония в почвах по данным отбора проб проведенных в мае-июне, колебалось от 0,23 до 5,4 мКи/км<sup>2</sup>. В 18 из 23 проб, отобранных для анализа, содержание плутония не превышало уровня глобальных выпадений на широте г. Томска - 1,3 мКи/км<sup>2</sup>. Максимальная плотность загрязнения территории Pu-238,239,240 отмечалась на оси следа (3,6 км от д. Наумовка по дороге д. Наумовка - д. Георгиевка) и находилась на уровне 16,4 мКи/км<sup>2</sup>, что в 6 раз ниже уровня, принятого в качестве норматива (100 мКи/км<sup>2</sup>) для отселения людей проживавших в местности, подвергшейся радиоактивному загрязнению после аварии на ЧАЭС. В процентном соотношении Pu-239, 240 в выпадениях составляли 97,6%, а Pu-238 не превышал 2,4%.

Максимальная концентрация суммы ниобия-95, циркония-95 и рутения-106 в приземной атмосфере д. Георгиевка летом за счёт вторичного ветрового подъёма не превышала  $9,5 \cdot 10^{-14}$  Ки/м<sup>3</sup>, что значительно ниже установленных норм [2]. Коэффициент ветрового подъёма радиоактивных аэрозолей в этот период составил  $5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^{-1}$  [1].

Отличительной особенностью аварии, произошедшей на СХК от других радиационных аварий состоит в том, что радиоактивные выпадения легли на снежный покров. Поскольку было не совсем ясно как происходит водная миграция РВ в период таяния снегов и половодья на реках, основное внимание было уделено изучению загрязнения р. Самуськи и других водных объектов. На бассейн водосбора р. Самуськи площадью около 500 км<sup>2</sup> выпало примерно 100 Ки циркония-95, 230 Ки ниобия-95 и 170 Ки рутения-106. Дополнительно на этой территории содержится около 20 Ки цезия-137 за счет глобальных выпадений и выбросов комбината в предшествующий период. Из основных нуклидов, выпавших на водосборе реки в апреле, в пробах воды, отобранных в июле 1993 г., был обнаружен только рутений-106 в очень малой концентрации -  $2 \cdot 10^{-13}$  Ки/л. Хотя площадь водосбора р. Самуськи была существенно загрязнена радиоактивными выпадениями загрязнение дна на территории следа и вне его практически отсутствовало, что можно объяснить, по-видимому, миграцией радиоактивности со льдом или выносом нуклидов р. Томь за счет промывания верхнего загрязненного слоя льда относительно более чистыми водами в случае сильного промерзания реки.

Особое внимание в исследованиях было уделено оценке радиационного загрязнения источников питьевого водоснабжения населенных пунктов, расположенных на загрязненной территории. Выполненные измерения показали, что в Георгиевке и Наумовке радионуклиды аварийного происхождения в питьевой воде отсутствовали.

По результатам исследований была сделана оценка дозовой нагрузки на население в д. Георгиевка. Максимальная эффективная эквивалентная доза внешнего

внутреннего облучения при условии, что население деревни употребляет в пищу только загрязненные продукты местного производства, составила около 300 мбэр/год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты обследования территории Томской области, загрязненной в результате аварии на СХК Томск-7 6 апреля 1993г., тема 2.1.25. ЭБР, ГИПЭ, Иванов А.Б., Ашанин М.В., Носов А.В. и др., -М.: 1994. - 52с.
2. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87.-М.: Энергоатомиздат, 1988. - 160с.
3. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. -М.: Энергоатомиздат, 1991.

### ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

#### THE VALUATION OF RADIOACTIVE EJECTIONS DANGER OF SIBERIAN INTEGRATED PLANT

Воскресенский В.В., Семенов С.Ю.

НИИ биологии и биофизики при Томском госуниверситете, 634034, Россия, г. Томск,  
пр. Ленина, 36, тел. 41-01-06

Известно, что радиохимические заводы (РХЗ) являются основными источниками радиоактивного загрязнения биосферы во всем ядерном топливном цикле [1]. Показано, что гипотетический РХЗ, перерабатывающий 1500 тонн тяжелого металла в год (тТМ/год), выбрасывает в атмосферу 29 пБк Н-3, 29,6 тБк С-14, 590 пБк Кг-85, 29 гБк I-129 с системой улавливания иода или 740 гБк без системы улавливания иода [2]. Экспериментальные данные [3] свидетельствуют: в 1992 году Сибирский химический комбинат (СХК) выбросил в атмосферу 95 тБк С-14, что соответствует переработке 4800 тТМ/год. По другой оценке [4], СХК переработал 4400 тТМ/год. Таким образом, в 1992 году выброс радионуклидов СХК в атмосферу составил три годовых выброса гипотетического РХЗ.

За основу для расчета объемной концентрации радионуклидов в атмосфере принята модель диффузии Пасквилла [5]. В таблице 1 даны значения объемной концентрации радионуклидов в приземном слое атмосферы на оси факела выброса СХК.

При расчете дозовых нагрузок рассматривался лишь прямой путь облучения: источниками излучения считали радиоактивное облако в форме полубесконечного

пространства и поверхность почвы, загрязненную осевшими на нее за один год радионуклидами. Основными путями воздействия на человека при этом будут: внешнее облучение от радиоактивного облака и загрязненной поверхности почвы и внутреннее облучение за счет вдыхания загрязненного воздуха [6]. Значения величины эффективной эквивалентной дозы за 1992 год для взрослого условного человека от факела выброса СХК представлены в таблице 2.

Таблица 1

Объемная концентрация радионуклидов, Бк/(м куб.)

х, км	H-3	C-14	Kr-85	I-129 [-]	I-129 [ ]
2,0	6,13 +3	6,13 +0	1,26 +5	6,02 -3	1,53 -1
4,0	8,80 +3	9,00 +0	1,83 +5	8,50 -3	2,17 -1
6,0	7,67 +3	7,84 +0	1,60 +5	7,28 -3	1,86 -1
8,0	6,49 +3	6,63 +0	1,36 +5	6,13 -3	1,56 -1
10,0	5,38 +3	5,50 +0	1,14 +5	5,08 -3	1,30 -1
12,0	4,50 +3	4,60 +0	9,54 +4	4,20 -3	1,07 -1
14,0	3,75 +3	3,84 +0	7,97 +4	3,45 -3	8,80 -2
16,0	3,15 +3	3,21 +0	6,73 +4	2,90 -3	7,39 -2
18,0	2,65 +3	2,71 +0	5,67 +4	2,43 -3	6,19 -2
20,0	2,28 +3	2,33 +0	4,88 +4	2,08 -3	5,30 -2
30,0	1,15 +3	1,18 +0	2,48 +4	1,03 -3	2,62 -2
40,0	6,65 +2	6,80 -1	1,45 +4	5,82 -4	1,48 -2
50,0	4,36 +2	4,46 -1	9,59 +3	3,75 -4	9,57 -3

Примечания: 1. Запись в форме 6,13 +3 означает умножение 6,13 на 10 в 3-й степени. 2. I-129 [-] - с системой улавливания иода; I-129 [ ] - без системы улавливания иода.

Таблица 2

Годовая эффективная эквивалентная доза, Зв

х, км	H-3	C-14	Kr-85	I-129 [-]	I-129 [ ]	В сумме
2,0	2,76 -3	6,24 -6	1,18 -3	2,71 -6	6,90 -5	3,95 -3
4,0	3,96 -3	9,18 -6	1,72 -3	3,84 -6	9,69 -5	5,69 -3
6,0	3,45 -3	7,98 -6	1,50 -3	3,27 -6	8,37 -5	4,96 -3
8,0	2,92 -3	6,75 -6	1,28 -3	2,76 -6	7,02 -5	4,21 -3
10,0	2,42 -3	5,61 -6	1,07 -3	2,29 -6	5,85 -5	3,50 -3
12,0	2,02 -3	4,68 -6	8,96 -4	1,89 -6	4,80 -5	2,92 -3
14,0	1,69 -3	3,90 -6	7,48 -4	1,55 -6	3,96 -5	2,44 -3
16,0	1,42 -3	3,27 -6	6,32 -4	1,30 -6	3,33 -5	2,06 -3
18,0	1,19 -3	2,76 -6	5,33 -4	1,09 -6	2,78 -5	1,73 -3
20,0	1,03 -3	2,38 -6	4,58 -4	9,36 -7	2,38 -5	1,49 -3
30,0	5,18 -4	1,20 -6	2,33 -4	4,62 -7	1,18 -5	7,53 -4
40,0	2,99 -4	6,93 -7	1,36 -4	2,51 -7	6,66 -6	4,36 -4
50,0	1,96 -4	4,56 -7	9,01 -5	1,68 -7	4,32 -6	2,87 -4

Из табл. 1 следует, что в приземном слое атмосферы объемная концентрация H-3 на расстоянии 4 км от источника выбросов близка к допустимой для категории Б, составляет 50 % от допустимой на расстоянии 10 км и 10 % на расстоянии 50 км.

30 км. Объемная концентрация Кг-85 на расстоянии 4 км почти в 2 раза выше допустимой, на удалении 12 км совпадает с ней, и составляет 25 % и 10 % от допустимой на расстоянии соответственно 30 км и 50 км от источника.

Как известно, для населения Земли средняя годовая эффективная эквивалентная доза за счет излучения радионуклидов естественного происхождения составляет 2 мЗв. Годовой выброс только четырех радионуклидов СХК добавляет к этой дозе 5,69 мЗв на расстоянии 4 км от источника выбросов, 2,06 мЗв на расстоянии 16 км и 0,75 мЗв на расстоянии 30 км (последний столбец табл. 2).

Таким образом, радиоактивные выбросы СХК существенно ухудшают радиационную обстановку на территории Томской области, увеличивая число людей, связанных с полем ионизирующего излучения, что делает проблему малых доз актуальной в области радиационной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ionizing radiation: Sources and biological effects, UNSCEAR. N. Y.: UN, 1982.
2. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. - 2-е изд./ Н.С. Бабаев, В.Ф. Демин, Л.А. Ильин и др.; Под ред. акад. А.П. Александрова. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Оценка и ретроспективный анализ радиационной обстановки в районе Тобирского химического комбината с использованием методики радиодендрохронодатации /Отчет НИИ биологии и биофизики при ТГУ по НИР. - Томск: Б.и., 1995.
4. Кохран Томас, Кристофер Пейч, Джеймс Вернер. Радиохимические заводы в России: почему производство должно быть остановлено // Материалы Международного семинара "Переработка ядерного топлива, хранение и использование энергетического и оружейного плутония". - М., 1993.
5. Метеорология и атомная энергия.- Л.: Гидрометеиздат, 1971.
6. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1986.

**ИЗУЧЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОБЬ-ТОМСКОГО  
МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА 1995 ГОДА  
STUDY OF RADIOACTIVITY UNDERGROUND WATER OF OB-TOM  
BETWEEN RIVER IN 1995 y.**

Вертман Е.Г., \*Льготин В.А., Шинкаренко В.П., Плевако Г.Л., \*\*Сикерин Ю.А.

Испытательный научно-производственный центр, "Том-Аналитика" при ТПУ,  
Россия, 634004, г.Томск, пр. Ленина, 30, тел. 41-89-10, \*Территориальный Центр  
"Томскгеомониторинг", пер. Совпартшкольный, 13, тел. 22-33-41, \*\*Центр  
Госсанэпиднадзора, г.Северск 636070, г.Северск, Томской области,  
ул. Калинина, 15, тел. 78-42-20

Изучение естественного и нарушенного режима подземных вод Обь-Томского междуречья ведется с начала 60-х годов, но особенно эти работы активизировались с вводом в эксплуатацию в 1973 году крупнейшего в России Томского водозабора, снабжающего питьевой водой областной центр. Работы выполнялись Томской ГРЭ, а с 1995 года - Территориальным Центром "Томскгеомониторинг" в рамках "Программы по ведению государственного мониторинга геологической среды на территории Томской области".

Территория междуречья испытывает разного рода техногенную нагрузку: сельскохозяйственную, лесотехническую, водохозяйственную, промышленную. Положение усугубляется близостью Сибирского химического комбината с его ядерным производством и опасностью загрязнения подземных вод радионуклидами как путем инфильтрации осадков, загрязненных аэрозольными выбросами СХК, так и не исключается в будущем возможность появления в скважинах водозабора компонентов жидких радиоактивных отходов, закачиваемых в меловые водоносные горизонты.

Работы по изучению радиоактивности подземных вод Обь-Томского междуречья начались в 1993г., когда из 43 отобранных проб в 15-ти был обнаружен цезий-137. Аналитические исследования проводились в учебной лаборатории кафедры полезных ископаемых и геохимии редких элементов ТПУ. К этим результатам необходимо относиться с осторожностью, т.к. для определения цезия-137 использовался прибор РУГ - 91 с низкой разрешающей способностью и пределом определения 14 Бк/л.

В 1995 году были опробованы воды на радионуклиды уже из 74 скважин и 3 пробы снега. Цезий-137 был обнаружен в 2 пробах снега и в подземной воде палеогенового горизонта, отобранной из скважины в д. Попадейкино весной. Содержание природных радионуклидов U-238, Th-232, Ra-226, K-40 оцениваются как фоновые для природных подземных вод.

Аналитические исследования выполнялись в 2-х, аккредитованных Госстан-  
 том России, лабораториях. Основная часть проб воды изучалась в лаборатории  
 ЦЭН г.Северска с использованием отечественных анализаторов и спектрометра  
 BS - 402P с предварительным концентрированием. Контрольные пробы в коли-  
 честве 10 штук - в лаборатории радиационного контроля НИИ ЯФ при ТПУ с исполь-  
 зованием гамма-спектрометра РОУС-11-4 по методике без предварительного кон-  
 центрирования. Качественно изучался весь энергетический гамма-спектр каждой  
 пробы на случай выявления непредвиденных радиоизотопов. Количественно выда-  
 ны результаты по Cs-134, Cs-137, Ra-226, K-40, U-238, Th-232. Содержание  
 их, так называемых, долгоживущих радиоизотопов определялось по государствен-  
 ным стандартным образцам.

Метрологические параметры гамма-спектрометров и методик анализа при-  
 ведены в другом докладе, а пределы определения радионуклидов и результаты  
 анализа исследуемых проб представлены в таблице.

Таблица

Радио- нуклиды	Период полу- распада, годы	Уд. актив- ность оке- анской во- ды, Бк/л	ПДК, Бк/л	Уд. актив- ность Томс- кой воды, Бк/л	Пределы определения, Бк/л	
					без кон- центрирова- ния	с предвар. концентри- рованием
Ra <sup>226</sup>	1600	0,003	1,99	0-3	0,8	0,003
J <sup>238</sup>	4,468 x 10 <sup>9</sup>	0,074	21,8	0-2	0,8	0,004
Th <sup>232</sup>	1,4 x 10 <sup>10</sup>	0,0002	0,74	0-16	0,5	-
K <sup>40</sup>	1,36 x 10 <sup>9</sup>	11,3	-	0-13	0,8	-
Cs <sup>134</sup>	2,062	-	555	0	0,5	-
Cs <sup>137</sup>	30	-	320	0	0,8	0,016
Co <sup>60</sup>	5,271	-	1295	0	0,5	-
Sr <sup>90</sup>	29,12	-	14,8	0	-	0,01

Таким образом, хотя полученные результаты и свидетельствуют о возмож-  
 ности загрязнения подземных вод за счет атмосферных выбросов СХК, но, учитывая  
 начальную стадию исследований радиоактивности подземных вод и недостаточ-  
 ность фактического материала, не дают возможности для обоснованных однознач-  
 ных выводов. Необходимо ставить комплексные исследования по изучению радио-  
 нуклидов в атмосферных осадках, почвах и подземных водах.



**ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ТОМСКА И Г. СЕВЕРСКА ВБЛИЗИ ХРАНИЛИЩ ЖИДКИХ  
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

**ECOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL EXPLOITATION CONDITIONS OF TOMSK  
AND SEVERSK WATER SUPPLY SYSTEMS AT THE LIQUID RADIOACTIVE WASTE  
RESERVOIRS**

Попов В.К., Лукашевич О. Д., Попова Л.В., Коробкин В.А., Максимова Н.М., Каде-  
ников А.П., Михайлов А.В., Рутман М.Г.  
ИЖКХ, Россия, г. Томск

Томский и Северские водозаборы, обеспечивающие население питьевой во-  
дой, расположены вблизи, а точнее входят в 30-км зону влияния, Сибирского хими-  
ческого комбината и других объектов, связанных с переработкой, утилизацией, по-  
верхностным и глубинным захоронением радиоактивных веществ.

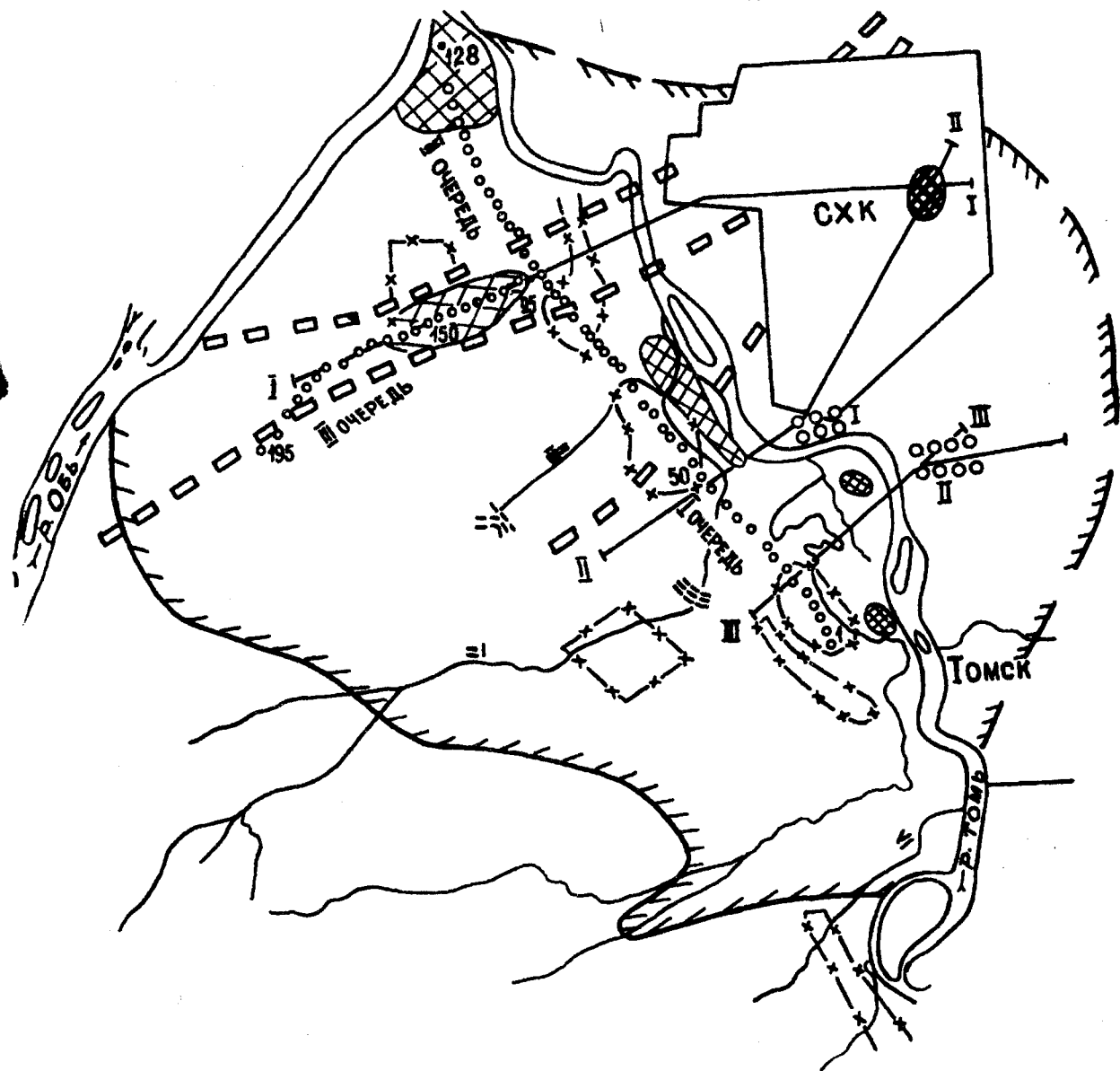
Многолетние исследования, проведенные институтом ПЖКХ и другими орга-  
низациями, показывают, что существует сопряженное техногенное влияние на гид-  
рогеохимические показатели состава природных вод как со стороны г.г. Томска и  
Северска, так и инженерно-технических и хозяйственных объектов, расположенных  
на обширной территории Обь-Томского междуречья.

Так, интенсивный и неравномерный водоотбор на Томском водозаборе  
(особенно в районе 3 очереди) способствует: быстрому развитию депрессионной  
воронки, и, как следствие, повышению скоростей миграции загрязнителей, в т.ч. ра-  
диоактивных; процессом взаимодействия глубинных пластовых вод и грунтовых вод,  
подверженных в зоне аэрации, загрязнению поступающими с атмосферными осад-  
ками с вертикальными и горизонтальными перетоками в эксплуатируемый водонос-  
ный горизонт из нижележащих отложений и наиболее загрязнённых речных вод.

Перечисленные процессы, связанные с эксплуатацией водозабора, ведут не  
только к изменению гидрохимических, но микробиологических характеристик под-  
земных вод палеогеновых отложений. Нами показано, что в этой экосистеме анаэ-  
робные биогеохимические процессы протекают более активно чем аэробные и  
биологическая продуктивность лимитирована содержанием фосфора. Модельные  
эксперименты с культурами показали, что основную роль в мобилизации иона  $PO_4^{3-}$   
могут играть анаэробные сульфатредуцирующие бактерии. Основным фактором,  
ограничивающим их распространение, являются окислительно-восстановительные  
условия среды. Более длительная эксплуатация скважин южного участка водозабо-  
ра за счёт развития воронки депрессии привела к повышению окислительно-  
восстановительного потенциала, что способствовало снижению численности суль-  
фатвосстанавливающих бактерий, уменьшению содержания фосфата и снижению

общей численности микроорганизмов различных физиологических групп. Наибольшая численность микроорганизмов обнаружена в пробах воды из скважин северного участка водозабора.

Схематическая карта геолого-тектонической и гидрогеохимической обстановки в районе Томского водозабора



- Томский водозабор из подземных источников
- Водозаборы из подземных источников г. Северска
- ⊕ Крутые тектонические нарушения, предполагаемые по аэромагнитным данным
- Участки захоронения жидких радиоактивных веществ
- Линия гидрогеологического разреза

- ⊗ Гидрогеохимические аномалии
- ⊗ Область перестекания подземных вод меловых отложений в водоносный горизонт палеогеновых отложений
- I ≡ Населенные пункты
- Установленная внешняя граница развития впадины депрессии
- Предполагаемая граница развития впадины депрессии

Существующая режимная сеть наблюдательных скважин как в пределах подземных водозаборов, так на территории площадки для закачивания жидких радиоактивных отходов не обеспечивает получение представительной и полной информации о перераспределении в грунтах техногенных радионуклидов, о миграционных параметрах, что необходимо для получения достоверной прогнозной оценки поступления загрязняющих и радиоактивных веществ в подземные воды.

Как известно из литературных данных, лабораторные эксперименты показали высокую скорость миграции хлора, трития, радионуклидов при их попадании в пористые водопроводящие среды (миграционно ослабленные зоны). При этом известные схемы оценки защищённости подземных вод не находят полного и однозначного подтверждения, хотя существуют корреляции между степенью атмосферного загрязнения, характером грунтов зоны аэрации и подвижностью радионуклидов.

Задачей настоящей работы является оценка защищённости подземных вод от поверхностных и захоронённых на глубине 300-400 м радиоактивных загрязнителей, оценка гидрогеологических и геохимических условий миграции радионуклидов в пределах исследуемой территории, получение данных об изотопном составе природных вод в зоне влияния Томского и Северских водозаборов, оценка интенсивности водообмена в результате взаимосвязи подземных вод эксплуатируемого ниже- и вышележащих водоносных горизонтов; прогнозная оценка возможного радиоактивного загрязнения подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения и оптимизация совместной эксплуатации систем водоснабжения г. Томска и г. Северска и систем захоронения жидких радиоактивных отходов.

## **РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВ ПО ВЫПУСКУ ОРУЖЕЙНОГО ПЛУТОНИЯ НА ГХК.**

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**RADIOECOLOGICAL CONSEQUENCES AS A RESULT OF THE PLUTONIUM PRODUCTION FOR MILITARY PURPOSES AT MCHP. LATEST RESEARCH RESULTS**

**Жидков В.В., Шишлов А.Е.**

660033, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, тел. (39197) 22061, 23492

За более чем 30-летний период деятельности ГХК в результате эксплуатации основных производств - реакторного и радиохимического - произошло радиоактивное загрязнение части территорий санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения (ЗН).

Основными причинами радиоактивного загрязнения СЗЗ и ЗН явились следующие:

- поступление радионуклидов активационного и осколочного характера с водой охлаждения двух прямоточных реакторов в реку Енисей;
- ветровой вынос радионуклидов из поверхностных технологических бассейнов, расположенных на промышленной площадке ГХК;
- проливы и протечки из технологических узлов, ёмкостей жидких радиоактивных отходов и как следствие этого загрязнение территории СЗЗ.

На сегодняшний день загрязнённые площади земли в СЗЗ и ЗН оцениваются квадратными километрами. Характерным для большинства таких территорий является пятнистость (или локальность). Основопологающую роль в данном процессе сыграли природные факторы: рельеф, гидрогеология, направление преимущественных ветров и др. Для загрязнённых участков СЗЗ уровни по мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения составляют от двух десятков микрорентген до десятков тысяч в час.

Зона наблюдения ГХК практически совпадает с бассейном поймы реки Енисей (от места сброса загрязнённых вод до его среднего течения) и имеет протяжённость ~ 1500 км. В 300 км зоне радиоактивное загрязнение поймы реки Енисей, в основном, обусловлено двумя сильными паводками (1966 и 1988 годы) с увеличением расхода до  $21000 \text{ м}^3/\text{с}$ , которые привели к выносу части донных отложений, содержащих радионуклиды, на острова и пойменные участки. В данной зоне обнаружены участки земель с МЭД гамма - излучения от 30 до 200 мкР/ч и плотностью загрязнения до  $200 \text{ Ки}/\text{км}^2$ . Экспедиционные обследования поймы реки Енисей выявили наличие "горячих" частиц в пойме с МЭД гамма-излучения до десятков миллирентген в час и активностью более одного милликюри. Загрязнение ниже по течению реки Енисей сформировалось паводками рек Ангары, Подкаменной Тунгуски. Вследствие разбавления и отложения радионуклидов в ближней зоне, уровни МЭД гамма-излучения на данном участке составляют до 60 мкР/ч, а плотность загрязнения до  $20 \text{ Ки}/\text{км}^2$ .

Для принятия конкретного решения о необходимости проведения реабилитационных мероприятий необходима достоверная информация о сложившейся ситуации в районах радиоактивного заражения. Для этого необходимо постоянно вести наблюдение и контроль, т.е. создать систему радиозэкологического контроля территорий, подверженных радиоактивному загрязнению.

**РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И  
РЕКУЛЬТИВАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗАВОДА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ  
УРАНОВЫХ РУД**

**RADIATION-ECOLOGICAL ASPECTS OF OPERATION AND  
RESTORATION WASTES URANIUM ORES**

Фильцев Ю.Н., Конев Г.И., Романов А.М., Байтурсунов Ж.Ж., Лучина Е.Л.,  
474456, Республика Казахстан, Акмолинская обл., г. Степногорск

1. Предприятие Целинный горно-химический комбинат добывает и перерабатывает комплексные уран-молибденовые и уранфосфорные руды североказакстанских урановых месторождений.

В процессе гидрометаллургической переработки урановых руд из исходных руд извлекаются незначительные количества (до 0,2%) масс полезных компонентов (уран и молибден), при этом масса образующихся твердых отходов практически равна массе переработанных руд. Сюда же добавляется трех-пятикратное количество минерализованных (до 30 г/л) вод, образующихся при гидрометаллургической переработке руд. Радиоактивные элементы ряда урана-238, равновесные с исходным содержанием урана в рудах, остаются в отходах производства, являясь потенциальным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды.

За время эксплуатации (с 1969 года) в картах хвостохранилища накоплено около 50 млн. м<sup>3</sup> консолидированных "хвостов". Объем осветленной дамбовой воды во всех трех картах составляет около 15 млн. м<sup>3</sup>.

Удельная радиоактивность твердой фазы "хвостов" в среднем составляет 200 МБк/м<sup>3</sup>, а суммарная активность, сосредоточенная в твердой фазе хвостохранилища, к настоящему времени достигает  $5,5 \cdot 10^{15}$  Бк (150 кКюри).

Таким образом, хвостохранилище ГМЗ в экологическом плане может являться серьезным потенциальным источником дополнительных радиационных нагрузок на персонал и население близлежащих населенных пунктов.

Предварительное рассмотрение возможных путей воздействия хвостохранилища ГМЗ на окружающую среду и население показывает, что с точки зрения радиозащиты одним из значимых путей радиационного воздействия оказывается эксхалляция радона с поверхности карт хвостохранилища и связанные с этим дозовые нагрузки на персонал и население близлежащих населенных пунктов. Этот вывод хорошо согласуется с данными Доклада Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР) Генеральной Ассамблеи за 1988 год [1].

2. С целью изучения эксхалляции радона с поверхности хвостохранилища проведены теоретические расчеты и натурные измерения эксхалляции радона и эквивалентных равновесных концентраций радона в приземном слое атмосферного

воздуха непосредственно на картах хвостохранилища и на разных расстояниях от него.

3. Теоретические расчеты выполнены с использованием диффузионной модели эксхалляции радона из радий-содержащего материала с известной пористостью.

4. Измерения эксхалляции радона с поверхности пляжей хвостохранилища выполнены с использованием угольных адсорберов радона из комплекта радиометра РГА-20П ("Верба").

5. Измерения эффективных эквивалентных концентраций радона (ЭРК) в приземном слое атмосферы проводилось с использованием высокочувствительного прибора РГА-01Т, в основу которого положен известный метод Маркова [4].

## 6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭКСХАЛЯЦИИ РАДОНА.

6.1. Рассмотрение полученных результатов измерений показывает, что эксхалляция радона с поверхностей хвостохранилища очень неравномерна и даже в пределах одного квадратного метра поверхности отличается на 1 + 2 порядка. Радионуклидовыделение с поверхности хвостохранилища составляет от 0,004 до 50,7 Бк/м<sup>2</sup>с, хотя для условий гидронамыва "хвостов" и высокой тонины помола (80% класс - 0,074 мм) распределение радийсодержащих материалов, и соответственно эмиссия радона, должно бы быть равномерным. Дополнительные измерения показали, что связано это главным образом с наличием трещин, образующихся при высыхании материала "хвостов", через которые происходит разгрузка и конвективный вынос радона на поверхность пляжей хвостохранилища, а также с влажностью и крупностью заскладированного материала. Известно, что при гидронамыве "хвостов" у места слива происходит осаждение наиболее крупных и тяжелых частиц, а шламовая фракция, наиболее обогащенная радием, осаждается ближе к центру хвостохранилища.

Статистическая обработка более 200 результатов измерений позволила получить среднее значение эксхалляции радона для всего хвостохранилища, которое составляет 5,39 Бк/м<sup>2</sup>с.

Полученные результаты согласуются с результатами теоретических расчетов. Разброс результатов, вызванный различием в физических характеристиках участков исследований характерен не только для хвостохранилища ГМЗ, но также для других подобных объектов, сведения о которых даны рядом зарубежных авторов [1].

6.2. Анализ результатов измерений эксхалляции радона в зависимости от глубины слоя консолидированных "хвостов" показывает, что насыщенный (эффективный) слой материала "хвостов" для нашего случая составляет 1,0 + 1,5 м, хотя и значительно отличается в зависимости от места измерений. Это связано,



вероятно, с разной влажностью и минеральным составом консолидированных "хвостов", а также климатическими условиями.

Эти соображения нам представляются очень важными, так как нормативная величина эксхалляции радона, установленная Межотраслевой инструкцией по охране земной поверхности и рекультивации территорий, нарушенных при добыче и переработке радиоактивных руд (МИОРЗ-94) [5] и нормативными документами Республики Казахстан - РНД 211.2.01.06-95 [6], составляет  $1,0 \text{ Бк/м}^2\text{с}$ , а также норматив США -  $0,74 \text{ Бк/м}^2\text{с}$  (Основной законодательный документ 40CFR, Part 192 Federal Register 48) требует для измерения очень тщательной методической разработки.

В качестве поясняющего примера можно рассмотреть случай измерения эксхалляции радона на рекультивированном полигоне подземного выщелачивания. Если накопительные камеры с угольным адсорбером будут установлены над ликвидированной скважиной (что на практике является реальным), следует ожидать "ураганное" значение эксхалляции радона. Аналогично, если накопительные камеры или эманометр будут установлены на почвенной трещине, значения эксхалляции радона также будут значительно выше, чем на однородной почве.

Следует отметить, что ни тот, ни другой документ не содержат рекомендаций по методике измерений и площадному осреднению результатов измерений.

6.3. Результаты измерений эквивалентной равновесной концентрации радона в приземном слое атмосферы показывают, что значения ЭРК непосредственно на картах хвостохранилища лежат в пределах от  $12,8$  до  $31,5 \text{ Бк/м}^3$ .

По мере удаления от карт в подветренную сторону ЭРК радона в атмосферном воздухе снижается, хотя и не так резко, как можно было бы ожидать, имея в виду кратность метеорологического разбавления. Это обстоятельство, вероятно, связано с естественной эксхалляцией из почв, слагающих данный район, которая сопоставима с эксхалляцией радона из карт хвостохранилища. Сопоставление полученных ЭРК радона в воздухе над картами хвостохранилища с допустимой ЭРК радона для жилых помещений ( $200 \text{ Бк/м}^3$ ) [7] заставляет задаться вопросом: в какой мере необходимы радоноизолирующие покрытия при рекультивации хвостохранилищ, сооружение которых необходимо для достижения нормируемой эксхалляции радона  $1 \text{ Бк/м}^2\text{с}$ ?

## 7. ВЫВОДЫ

7.1. Вопросы эксхалляции радона из хвостохранилища ГМЗ имеют важное радиационно-экологическое значение и в мировой практике разработаны недостаточно полно.

7.2. Эксхалляция радона с поверхностей пляжей хвостохранилища в Целинном горно-химическом комбинате изменяется в пределах от  $0,03$  до  $50,7 \text{ Бк/м}^2\text{с}$ .



еднее значение составляет 5,39 Бк/м<sup>2</sup>с. При этом эквивалентная равновесная концентрация радона в приземном слое воздуха, движущегося со скоростью 1+3 м/с, изменяется в пределах 5,3 + 31,5 Бк/м<sup>3</sup> и в среднем составляет 19,6 Бк/м<sup>3</sup>.

7.3. Значительный разброс значений эксхалляции радона в пределах карт хвостохранилища ГМЗ ЦГХК, указывает на необходимость разработки корректной методики проведения измерений, которая должна быть включена в нормативные документы, регламентирующие правила проектирования, эксплуатации и рекультивации или захоронения хвостохранилищ и отвалов урановых рудников и заводов.

Авторы признают, что многофакторность зависимостей эксхалляции радона с поверхностей хвостохранилища не позволяет считать результаты данной работы окончательными.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: доклад научно-комитета ООН по действию атомной радиации Генеральной Ассамблее за 1988г. Прилож., в 2-х т. Т2: пер. с англ. М. Мир, 1993,-726с.

2. Радиометрические методы поисков и разведки урановых руд. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр. 1957,- 610с.

3. Сердюков А.С., Капитанов Ю.Т. Изотопы радона и продукты их распада в природе. Изд. 2-е. М. Атомиздат 1975,-296с.

4. Измерение объемной активности радона и его дочерних продуктов в воздухе жилых помещений и населенных мест (Методические рекомендации). МЗ Каз. СР 1987,-33с.

5. Межотраслевая инструкция по охране земной поверхности и рекультивации территорий, нарушенных при добыче и переработке радиоактивных руд (МИ РЗ -94). М. Мин. РФ по атомной энергии 1994,-83с.

6. Временные технические инструкции и правила ликвидации полигонов дочерней урана способом подземного выщелачивания. РНД 211.2.01.06-95. Алматы 1995.

7. Временные критерии по ограничению облучения населения от природных источников ионизирующих излучений (КПР-93). Алматы 1993.

## ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕРЬ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОЗОЛЕНИИ УГЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ.

### INVESTIGATION OF THE RADIOACTIVE ELEMENTS LOSS AT THE DURING ASHING PROCESS OF COAL AND PREDICTION OF THE EJECTIONS IN ATMOSPHERE.

Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Соболев И.С.

Томский политехнический университет, 634034, Россия,

г. Томск, Ленина 30, тел. 418910

Известно, что при сжигании углей и других топлив, часть элементов переходит в газообразную фазу и уносится в виде дымовых газов, загрязняя атмосферу, почву, воду и др. Поэтому прогнозирование потерь элементов в процессе сжигания является актуальной проблемой. Особенно это очевидно в отношении токсичных элементов. Так, хрестоматийным примером недоучета этого факта, повлекшего гибель множества людей, является пример использования в США на ТЭС углей штата Вирджиния, характеризующихся высокими содержаниями бериллия. Помимо бериллия, в газовую фазу легко переходит и ряд других типоморфных элементов, а также ртуть.

В то же время сейчас нет достоверных оценок потерь радиоактивных элементов в виде газовой фазы при сжигании углей. Приводимые Л.Я. Кизильштейном и др. данные о переходе в газовую фазу 31,1- 35% тория и 23,4 - 27,0% урана представляются маловероятными из-за высоких значений по торию.

Нами выполнена оценка потерь урана и тория при лабораторном озолении (825 - 860 °С) кузнецких углей, а также расчеты потерь при сжигании угля в различных топочных устройствах.

Во всех случаях содержание урана и тория определялось нейтронно - активационным методом анализа (ИНАА, МЗН), разработанном для углей в ядерно - геохимической лаборатории Томского политехнического университета (зав. лабораторией Е.Г. Вертман) на базе исследовательского ядерного реактора НИИ Ядерной Физики.

Методика расчета сводилась к следующему: На первом этапе определялось содержание урана и тория в исходном угле и в золе, полученной при лабораторном озолении. Затем, учитывая зольность угля, определялось расчетное содержание урана и тория в золе. Потери определялись путем сравнения расчетного и измеренного содержания элемента в золе. Для большей достоверности пересчет был выполнен для значительного количества проб (>100).

Исследование показало, что при лабораторном озолении при 860 °С потери для урана составляют в среднем 33%, для тория - 17%. Разброс для разных углей по урану составляет 0 - 55%, по торию - 0 - 23%

При расчете потерь в газовой фазе на котельных и ТЭС учитывались следующие параметры:

- содержание радиоэлементов в исходном угле
- коэффициент озоления угля при сжигании
- процентное соотношение шлака и золы уноса в топочном процессе
- содержание радиоэлементов в шлаке и золе уноса.

На основании этих данных была выведена упрощенная формула для расчета потерь:

$$P = \frac{C_p - (C_{ш} \cdot K + C_3 \cdot (1 - K)) / 1 - Q}{C_p}, \text{ где } C_p - \text{ расчетное содержание в золе; } C_{ш} \text{ и } C_3 - \text{ измеренное содержание элемента в шлаке и золе уноса, } K - \text{ коэффициент для шлака в продуктах сжигания, } Q - \text{ механический недожог.}$$

Например, для ГРЭС - 2 г. Томска при расчете приняты следующие исходные данные, предоставленные службой главного инженера:  $K = 0,05$ ;  $Q = 0,046\%$ . Полученные нами результаты приведены в таблице.

Таблица

Содержание урана и тория в углях (г/т.), используемых на ГРЭС - 2 г. Томска, в продуктах их сжигания и потери радиоактивных элементов в топочном процессе

Элемент	$C_y$	$C_p$	$C_{ш}$	$C_3$	$C_{и}$	$P, \%$
U	1,8	8,0	7,6	7,5	7,54	5,8
Th	2,9	12,9	12,0	13,0	12,9	0

Примечание:  $C_{и}$  - измеренное среднее содержание в золошлаковых отходах.

Из таблицы следует, что использованные на ГРЭС - 2 в 1995г. угли по выбросам радиоэлементов в газовую фазу являются экологически чистыми. Прогнозируемое загрязнение может быть связано с повышенным по отношению к кларку в Земной Коре содержанием урана в золошлаковых отходах.

Аналогичные расчеты, выполненные для двух местных котельных - Междуреченска и г. Новокузнецка, показали близкие результаты.

Таким образом, исследования кузнецких углей и продуктов их озоления свидетельствуют, что летучесть урана и тория в процессе сжигания различна. Для урана она, как правило, существенно выше, чем для тория. Объясняется это, вероятно, разными формами нахождения элементов в угле. Торий, преимущественно, входит в состав таких терригенных минералов, которые в процессе сжигания угля претерпевают незначительные изменения. Тогда как для урана кроме терригенной составляющей характерно, нередко в значительных количествах, сорбционное накопление на органической части угля. В процессе сжигания значительная его доля может пе-

реходить в газовую фазу и, в дальнейшем, загрязнять окружающую среду. В связи с этим, радиогеохимическое исследование углей перед их использованием в качестве топлива является одной из приоритетных задач. Необходимо уже на первом этапе при лабораторном озолении угля предварительно оценивать возможные потери радиоактивных и других элементов при сжигании. Учитывая, что в газовую фазу переходят, за редким исключением, преимущественно элементы, накапливающиеся в органической части угля, можно предполагать, что эти оценки будут мало отличаться от результатов промышленной эксплуатации.

## УРАН И ТОРИЙ В ПОЧВАХ URANIUM AND THORIUM IN SOILS

Рихванов Л.П.

Томский политехнический университет,  
634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел./ факс 41-89-10

Почвы, являющиеся продуктом сложного биохимического преобразования горных пород, содержит широкую гамму радиоактивных элементов естественного и техногенного происхождения.

Естественные радиоактивные элементы, прежде всего, представлены долгоживущими изотопами урана (U-238, U-235, U-234), тория (Th-232), калия (K-40) и также рубидия -87, самария-152 и некоторыми другими. Кроме того, в почвах фиксируются и короткоживущие продукты распада урана и тория (торий-230, радий-228, радий-226, радон-222 и др.).

Радиоактивность почв в их естественном состоянии, прежде всего, определяется содержанием естественных радиоактивных элементов (уран, торий, калий и продуктами их распада).

По оценке В.И. Баранова (1962) при кларковом содержании радиоэлементов (2,4 г/т урана, 8 г/т тория и 2 % калия) энергия альфа-излучения составляет 65 % от общей суммы энергии, примерно поровну от радиоактивных рядов урана и тория. Энергия бета-излучения составляет 28 % от суммы энергии, причем бета-излучение калия приблизительно вдвое интенсивнее бета-излучения от радионуклидов рядов урана и тория вместе взятых. Энергия гамма-излучения составляет менее одной десятой от общего вклада (около 7 %), при этом на долю калия приходится 3/4, а 1/4 распределяется примерно поровну между рядами урана и тория.

Соответственно и воздействие радиоактивного излучения на органическую составляющую почв, ее микрофлору и другие биологические объекты, на-

ходящиеся в почве, будет определяться аналогичным образом, но с учетом различной проницаемости видов радиоактивного излучения.

Существующие аналитические методы определения естественных радиоактивных элементов, в том числе и полевые высоко экспрессные и чувствительные методы анализа позволяют дать сравнительно полную картину по оценке средних содержаний естественных радиоактивных элементов в почвах и, прежде всего, урана и тория, которые в силу своих геохимических свойств могут являться индикаторами процессов почвообразования и их изменения под воздействием техногенных факторов.

Обобщая полученные нами результаты по уровню накопления урана и тория в почвах Западной Сибири (Балабаева Л.М., Грязнов С.А., Сарнаев С.И., Язиков Е.Г. и др.), а также анализируя имеющиеся литературные данные по этому вопросу, можно сделать следующие выводы:

- уровень накопления естественных радиоактивных элементов в автохтонных почвах определяется составом почвообразующих пород. Такую закономерность, выявленную на большом фактическом материале, отмечают для почв горных районов СССР Н.Д. Балясный и др. (1986), для почв Алтайского края В.М. Гавшин и др. (1993) и многие другие исследователи. При этом отмечается, что независимо от природно-климатических зон содержание урана в почвах по сравнению с материнскими горными породами в среднем сокращается в 2 раза, а тория - в 2,5 раза. В ландшафтах предгорий и речных долин эта взаимосвязь устанавливается менее четко;

- распределение радиоактивных элементов в почвах по вертикали определяется характером и направлением процесса почвообразования, свойственного той или иной биоклиматической зоне. Установлено, что уран в дерново-подзолистых почвах распределяется в профиле почв по аккумулятивно-элювиально-элювиальному типу (Тихонов, 1963 и др.), а торий - по аккумулятивно-элювиальному типу, накапливаясь в горизонте аккумуляции гумуса и относительного накопления илестых частиц. Отмечаемая некоторыми исследователями вертикальная зональность в распределении урана, тория и калия (Балясный и др., 1986), обусловлена интенсивностью процессов перераспределения химических элементов под воздействием климатических факторов (влажность, температура), которые также проявляются зонально. Для почв Томской области наблюдается тенденция к уменьшению концентрации тория в подпахотном горизонте, по сравнению с пахотным. Для урана она выражена значительно слабее (Рихванов и др., 1993);

- основная часть урана и тория (50-90 %) в серых лесных почвах сосредоточена в илестой фракции обогащенной органическими веществами. С повышением в почвах содержания ила и пылевых частиц возрастает содержание естественных ра-

диоактивных элементов в почвах. В почвах отчетливо фиксируется двойственная природа естественных радионуклидов: минерально-обломочная и сорбционная на органо-минеральных образованиях;

- в ряде случаев прослеживается прямая коррелятивная связь между содержанием радиоактивных элементов в почвах и некоторыми важными почвенными показателями - содержанием гумуса, подвижного железа, фосфора и т.д., что позволяет разрабатывать радиогеохимические способы определения химических особенностей почв для оценки их агрохимических качеств (Рихванов и др., 1990. Патент № 1785572). Практически во всех случаях устанавливается прямая значимая корреляционная связь в почвах урана с торием, урана и тория с калием. При этом, коэффициент корреляции по данным многочисленных и многолетних измерений находится на уровне 0,5 - 0,7 (Балясный и др., 1980 и др.);

- в генерализованном ряду генетических типов почв (рис.1.а) наблюдается устойчивая тенденция увеличения содержания урана и тория от болотных типов почв и подзолистым и далее к дерево-подзолистым → серым лесным → черноземам → каштановым и сероземным (Назаров и др., 1983). Хотя один и тот же тип почв, например черноземы или серые лесные, может отличаться по содержанию радиоактивных элементов, что объясняется, главным образом, вышеперечисленными факторами, а также факторами техногенной нагрузки.

Важным оценочным показателем состояния почв на наш взгляд, (Рихванов и др., 1995) является величина отношения тория и урана (Th/U).

Анализ имеющихся в нашем распоряжении материалов позволяет утверждать, что в почвах, неподверженных интенсивному техногенному воздействию этот показатель для большинства генетических типов почв различных природно-климатических зон отдельных стран и континентов находится на уровне 3 - 5 (рис.1), что соответствует нормальному отношению тория к урану в большинстве типов геологических образований (Баранов и др., 1941; Смыслов, 1974), земной коры и планеты в целом (Тейлор и др., 1988 и др.).

Высокие (> 5) торий-урановые отношения в почвах естественного залегания характерны только для районов с проявлением ториеносных геологических образований. Примерами таковых являются некоторые районы Бразилии (Пасус де Калдос), Индии, Северного и Полярного Урала, Тимана и других регионов (рис.1.б). Как правило, такие места служат для организации специальных полигонов, для радиэкологических исследований (Смыслов, 1972; Рубцов, 1972 и др.).

Пониженные торий-урановые (< 3) отношения в почвах при их естественном залегании установлены нами (Рихванов и др., 1992; Рихванов и др., 1994; Рихванов и др., 1995) в районе расположения предприятий ядерного топливного цикла (рис.1.г). При этом, наблюдается устойчивое снижение торий-уранового отношения

нормальных значений (3 - 5) и пониженным ( $\ll 3$ ) по мере приближения к осевой части зоны постоянного воздействия такого рода предприятия, совпадающей, как правило, с главенствующей "розой ветров". Изменение этого показателя достаточно уверенно фиксируется и при аэрогамма-спектрометрических съемках.

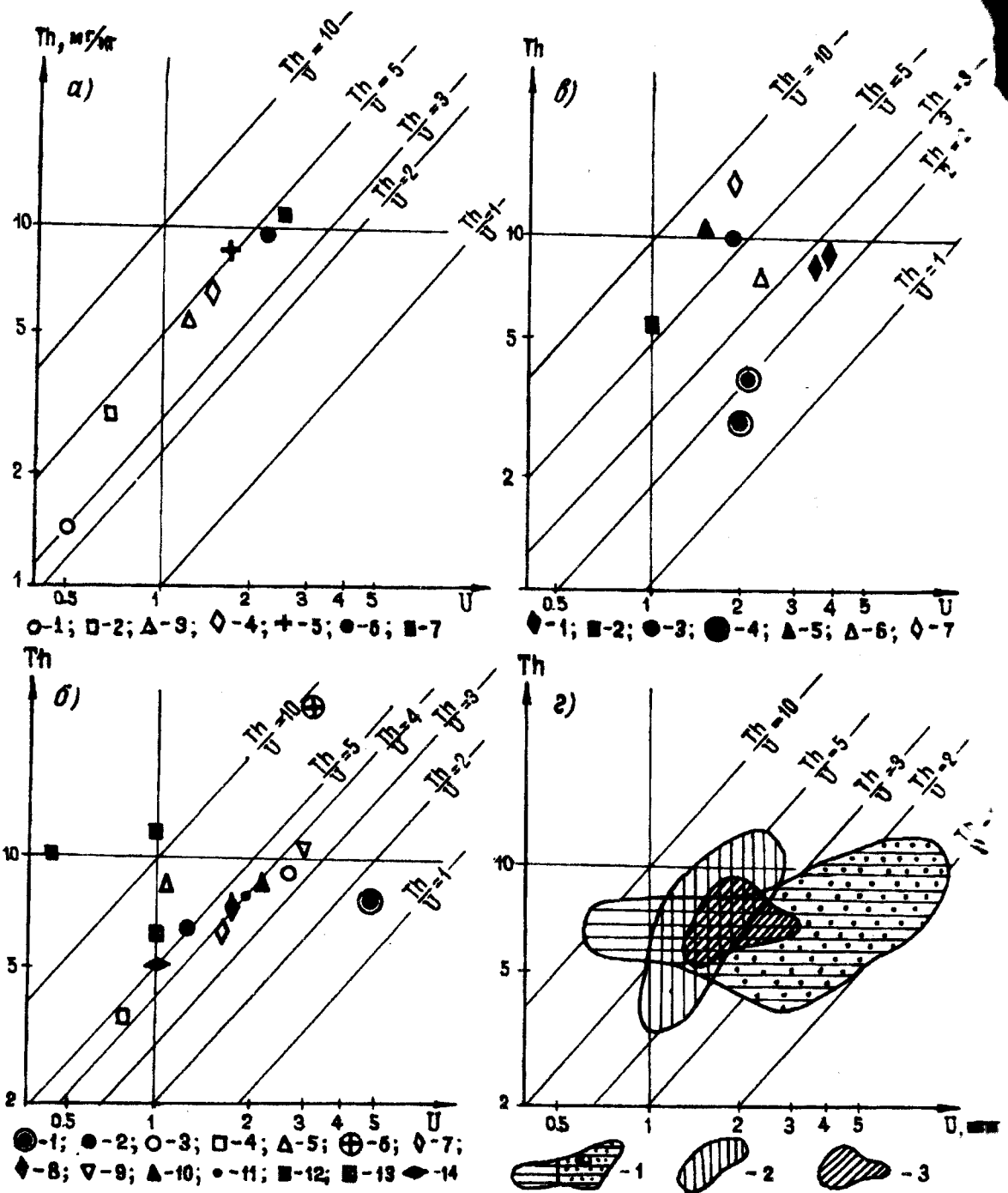
По литературным данным нам известно еще несколько регионов с низкими показателями этого отношения. Например, это почвы Южного Урала, где торий-урановое отношение составляет 0,5 ("Действие ионизирующей радиации на биогеогеографию", 1988), и почвы штата Пенсильвания (Jaster, 1990). В качестве рабочей гипотезы мы можем предполагать, что уральские почвы отобраны из зоны влияния НПО "Маяк", возможно ВУРС, а почвы штата Пенсильвания отобраны по "розе ветров" с территории трех военных ядерных комплексов США, расположенных в соседнем штате Нью-Йорк. Окончательный ответ на это могут дать только дополнительные исследования, т.к. снижение торий-уранового отношения может происходить и вследствие других причин.

Это характерно, прежде всего, для почв городских ландшафтов (рис. 1.в), которые чаще всего представляют собой почво-грунты, состоящие из смеси почв и каких-либо других материалов (торф, шлак, золы и т.д.), либо испытывают мощный техногенный прессинг со стороны ГРЭС и ТЭЦ, работающих на угле (Степановский, Центральный, Солнечный микрорайоны г. Томска), либо со стороны предприятий, использующих уран в своих производствах (завод химконцентратов в г. Новосибирске), либо когда для отсыпки и планировки поверхностей городского ландшафта использовались отходы с железо-урановых месторождений (почво-грунты г. Междуреченска Кемеровской области).

Вероятными причинами повышенных содержаний урана в почвах и пониженных торий-урановых отношений могут быть процессы, связанные с эпигенетическим перераспределением радиоэлементов в районах нефте- и газообразования, на основании чего предложены и методы поисков таких месторождений (Pizson, 1975, Алн-да-Ди и др., 1993 и др.).

В районах расположения предприятий ядерного топливного цикла отмечается также отклонение от известных природных отношений изотопов урана-238 к урану-235. При этом, эти отклонения могут колебаться в довольно существенных пределах в ту или иную сторону (Рихванов, 1995).





**Рис. 1. Радиогеохимическая типизация почв:**

- а) генетические типы (по Назарову и др., 1983): 1 - болотная; 2 - подзолистая; 3 - дерново-подзолистая; 4 - серая, лесная; 5 - черноземы; 6 - каштановые; 7 - сероземы
- б) наличие страны и регионы: 1 - штат Пенсильвания (Jaster, 1990); 2 - штат Иллинойс (Giekoson a.e., 1988); 3 - побережье США (Shacklette a.e., 1984); 4 - Польша; 5 - Канада (Кабата-Пендиас др., 1989); 6 - Бразилия, Посус-де-Кальдес (Campos a.e., 1986); 7 - равнинные почвы СССР; 8 - почвы горных районов СССР (Балаянский и др., 1980); 9 - почвы стандарта Soil-5; 10 - почвы Новой Зеландии (Baltakmens, 1976); 11 - ноосферный кларк (Глазовский, Глазовская, 1988); 12 - среднее для почв Мира (Р.Бруксу, 1982); 13 - среднее оценочное для почв (Виноградов, 1956); 14 - среднее для почв Мира (Н.Вовел, 1966)
- в) населенные пункты Западной Сибири: 1 - Кемерово; 2 - Стрежевой; 3 - Сельские населенные пункты Томской области; 4 - Новосибирск; 5 - Томск; 6 - Северск (Томск-7); 7 - Междуреченск
- г) сельскохозяйственные районы: 1 - Томская область, в т.ч. в зоне воздействия СХК (а); 2 - Алтайский край (по Гавшину и др., 1993); 3 - Новосибирская область (по Пахомову и др., 1994)

**СОДЕРЖАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ СНЕГОВОГО ПОКРОВА  
РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**  
RADIOACTIVE AND RARE EARTH ELEMENTS CONTAIN IN AEROSOL FALL OF  
SNOW COVER OF DIFFERENT TERRITORIES OF WEST SIBERIA

Язиков Е.Г., Рихванов Л.П.

Томский политехнический университет, 634034, г. Томск, Россия,  
пр. Ленина, 30, тел./факс 41-89-10

Проблема загрязнения природной среды радиоактивными и редкоземельными элементами приобретает все большую остроту. Снежный покров является наиболее важным объектом для индикации кратковременного (3 - 5 месяцев) загрязнения этими элементами.

Авторами в период 1990-1995 годов проводились эколого-геохимические исследования в различных городах, населенных пунктах и промышленных предприятиях Западной Сибири. Пробы отбирались шурфом по всему разрезу снегового покрова. После таяния и фильтрации получали твердый осадок, который просеивался и истирался. Все пробы были проанализированы инструментальным нейтронно-активационным анализом в ядерно-геохимической лаборатории Томского политехнического университета на торий и редкие земли, тогда как уран определялся лазерно-люминесцентным методом в аналитической лаборатории ГПП "Березовгеология".

По полученным данным рассчитывались величины среднесуточного выпадения пыли, техногенной нагрузки по элементам, отношения радиоактивных элементов и суммарные показатели отдельных элементов легких и тяжелых лантаноидов, а также их отношения.

Среднесуточная пылевая нагрузка в изученных районах колеблется от 46 до 581 кг/км<sup>2</sup> \* сут (табл. 1). Максимальна она в районах промышленных предприятий, а минимальна в населенных пунктах, удаленных на большие расстояния от крупных промышленных центров, например, г. Стрежевой.

Концентрация радиоактивных элементов в твердом осадке снегового покрова (ТОСП) минимальна на территории г. Стрежевого, где отсутствуют крупные промышленные предприятия и котельные работают на газе (табл. 2). Величина торий-уранового отношения равна 8. При этом основная доля загрязнения приходится на природную составляющую. Однако на площадях городов, промышленных предприятий и прилегающих населенных пунктов с хорошо развитой индустриальной базой и топливно-энергетическим комплексом существенно повышается величина урана и тория (табл. 2). Торий-урановое отношение понижается в отдельных случаях до 0,9.

В тех населенных пунктах, где основным видом отопления являются котельные на угле, в снеге устанавливаются повышенные концентрации урана (Степановка-1 Аникино). При условии смешения аэрозольных выпадений нескольких производств величина торий-уранового отношения изменяется от 2 до 6, например, территории г. Томска, г. Междуреченска (рис. 1).

Таблица 1  
Величина среднесуточного выпадения пыли на снеговой покров различных территорий Западной Сибири (кг/км<sup>2</sup>сут)

Номер	Территория	Средняя величина	Разброс значений	Количество проб	Год
1	Томск (юго-восточный район)	128	110-164	6	1993
2	Северск*	208	43-5343	127	1992
3	СПУ**	60	20-280	55	1993
4	Стрежевой	59	6-292	55	1992
5	Междуреченск	340	85-1398	54	1991
6	Рубцовск (район завода тракторных запасных частей)	581	131-1594	35	1993
7	Совхоз "Степановский" (Томский район)	78	31-166	10	1991
8	Совхоз "Томь" (Томский район)	33	15-63	10	1991
9	Экспериментальное хозяйство Сибирского ботанического сада (г.Томск)	46	25-75	47	1995
	Пригороды г.Томска				
10	пос. Степановка-1	70	41-105	3	1993
11	пос. Степановка-2	107	87-141	4	1993
12	пос. Аникино	75	65-85	2	1993
13	НПФ "Квадро" (г.Томск)	545	510-580	2	1995
14	АООТ "Сибэлектромотор" (г.Томск)	231	41-664	25	1990

Примечание: \* - по г. Северску использованы материалы из отчета С.И. Сарнаева (1992), \*\* - по Северному промышленному узлу (СПУ) использованы материалы "Экология ...", (1994).

Наряду с радиоактивными элементами, близко по своим геохимическим особенностям поведение редкоземельных элементов в снеговом покрове различных территорий. Специфика производства ядерно-топливного цикла в г. Северске отражается в аэрозольных выпадениях как на территории города, так и прилегающей к нему площади Северного промышленного узла. В твердом осадке фиксируются повышенные концентрации легких лантаноидов церия, тербия и самария, а из тяжелых - лютеция и иттербия (табл. 2). Величина техногенной нагрузки на снеговой покров г. Северска по тербию и лютецию составляет соответственно 2,29 и 0,77 г/км<sup>2</sup>\*сут (табл. 3).

По отношению суммарных величин легких лантаноидов (La + Ce) к тяжелым (Yb + Lu) устанавливаются показатели, которые дифференцируют территории с различным промышленным производством. Так для г. Северска, с его ядерным произ-

здством, отношение равно 17,3, тогда как для г. Стрежевого, где наиболее благо-  
получная эколого-геохимическая обстановка показатель равен 45 (табл. 2). Данные  
результаты хорошо иллюстрируются рисунком, где контрастно выделяются три об-  
ласти значений (рис. 2).

Таблица 2

Содержания радиоактивных и редкоземельных элементов в аэрозольных  
выпадениях снеговых планшетов различных территорий Западной Сибири

Элементы	Территории												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
U	4,5	2,8	3,6	0,6	3,3	4,2	2,7	3,2	5,9	9,9	2,7	6,8	5
Th	8,9	11,3	14,2	14,8	11	11,6	16,6	10,6	14	8,9	8,5	7,2	9,9
Th/U	2	4	3,9	8	3,3	2,8	6,1	3,3	2,4	0,9	3	1,1	2
Ce	65	78	112	40	62	59	56	58	103	65	66	56,5	71
Tb	0,9	11	1,9	1,3	0,8	0,8	1	0,6	0,5	0,9	1	0,7	0,5
Eu	2,4	2,5	3,7	1,8	1,2	1,2	1,5	1,6	1,9	2,4	1,9	1,8	1,8
Sm	4,5	6,3	8,5	5,6	6,5	3,6	6,4	6,7	5,7	4,5	4,6	4,2	4,3
La	31	26	29,7	10	34	21,6	27	30	32	31	28,5	26	25
Lu	0,5	3,7	0,5	0,2	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,6	0,7	0,4
Yb	2,5	2,3	3,8	0,9	3	2	3,1	2,9	3,2	2,5	2,3	2,3	2,2
La/Yb	12,4	11,3	7,8	11,1	11,3	10,8	8,7	10,3	10	12,4	12,4	11,3	11,4
La+Ce/Yb+Lu	32	17,3	33	45	28	32	24	27	36	32	33	27,5	36
La/Sm	6,9	4,1	3,5	1,8	5,2	6	4,2	4,5	5,6	6,9	6,2	6,2	5,8
количество проб	6	60	55	32	17	7	10	10	2	3	4	3	1

Примечание: номера территорий соответствуют табл. 1.

Таким образом, учитывая загрязнение снегового покрова аэрозольными вы-  
падениями, содержащими радиоактивные и редкоземельные элементы, можно сде-  
лать следующие выводы:

1. Максимальная пылевая нагрузка устанавливается на территориях про-  
мышленных предприятий РЗТЗЧ -  $581 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{сут}$  и НПФ "Квадро" -  $545 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{сут}$  с  
его цехом по приготовлению бетона.

2. Среди городов выделяется по пылевой нагрузке г. Междуреченск -  $340 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{сут}$ , где основная доля загрязнения приходится на угледобывающие пред-  
приятия (шахты, разрезы, обогатительные фабрики) и местные котельные.

3. Минимальные концентрации радиоактивных элементов фиксируются в  
снеговом покрове г. Стрежевого, который можно принимать в дальнейшем за регио-  
нальную фоновую территорию.

4. По величине торий-уранового отношения изучаемые территории можно  
дифференцировать на три типа природы по преобладанию того или иного компо-  
нента. Урановая - менее 3 (г. Томск, ЭХСБС и др.), смешанная - 3-6 (г. Северск, СПУ  
и др.) и ториевая - более 6 (г. Стрежевой, с/з "Степановский"). В том случае, когда в

твердом осадке снегового покрова преобладает природная составляющая - природа ториевая, а если техногенная (преимущественно выбросы котельных, работающих на угле) - урановая. При смешении природных и техногенных примесей в аэрозольных выпадениях - природа смешанная.

5. Для территорий с ядерно-топливным циклом (г. Северск) характерны повышенные концентрации в снеговом покрове редкоземельных элементов: церий - 78 мг/кг, тербий - 11 мг/кг, европий - 2,5 мг/кг и лютеций - 3,7 мг/кг.

6. По отношению суммарных величин легких лантаноидов цериевой группы (La + Ce) к тяжелым иттриевой группы (Yb + Lu) в твердом осадке снегового покрова территории дифференцируются на площади с показателем менее 18 (г. Северск) и более 40 (г. Стрежевой), т.е. для производств ядерно-топливного комплекса характерно преобладание тяжелых лантаноидов, что может служить в дальнейшем индикатором загрязнения аналогичных производств.

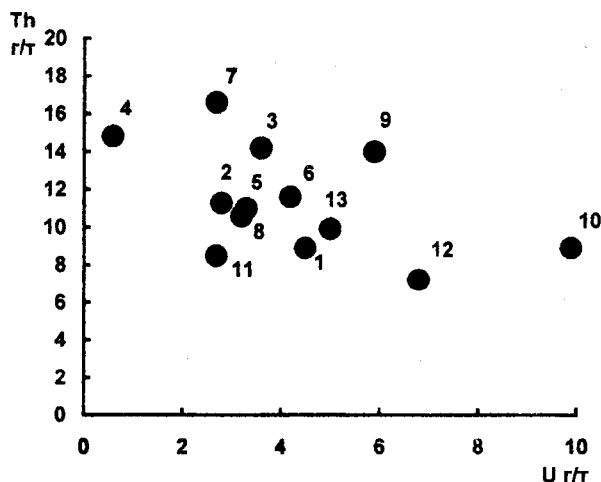


Рис. 1. Диаграмма аэрозольных выпадений в координатах Th - U

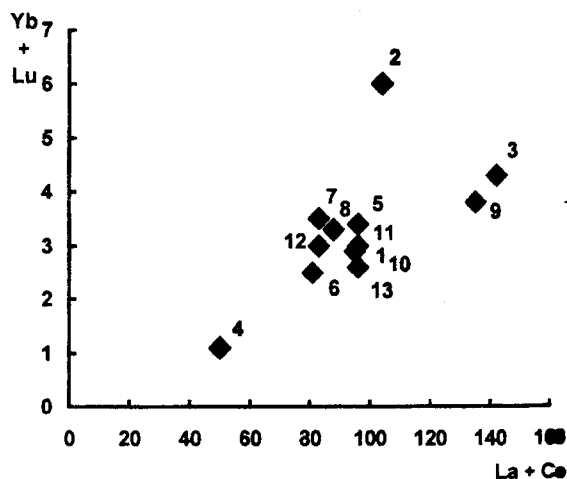


Рис. 2. Диаграмма аэрозольных выпадений в координатах Yb+Lu - La+Ce  
Таблица 3

Величина техногенной нагрузки на снеговой покров различных территорий Западной Сибири (г/км<sup>2</sup>сут)

элементы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
U	0,58	0,58	0,22	0,04	1,12	2,44	0,21	0,11	0,27	0,69	0,29	0,5	2,7
Th	1,1	2,4	0,85	0,28	3,74	6,74	1,29	0,35	0,64	0,62	0,91	0,54	5,4
Ce	8,3	16,2	6,7	2,4	21,1	34,3	4,4	1,9	4,7	4,6	7,1	4,2	38,7
Tb	0,12	2,29	0,11	0,08	0,27	0,46	0,08	0,02	0,02	0,06	0,11	0,05	0,3
Eu	0,31	0,52	0,22	0,12	0,41	0,7	0,12	0,05	0,09	0,17	0,2	0,14	0,98
Sm	0,58	1,3	0,51	0,33	2,21	2,09	0,5	0,22	0,26	0,32	0,49	0,32	2,3
La	4	5,41	1,8	0,59	11,6	12,5	2,11	0,99	1,47	2,17	3,05	1,95	13,6
Lu	0,06	0,77	0,03	0,01	0,14	0,29	0,03	0,01	0,03	0,04	0,06	0,05	0,2
Yb	0,32	0,48	0,23	0,05	1,02	1,16	0,24	0,1	0,15	0,18	0,25	0,17	1,2

Примечание: номера территорий соответствуют табл. 1.

**МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С  
ЯВЛЕНИЕМ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫМИ  
ЭЛЕМЕНТАМИ**

**ЧАСТОТА И ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ЛЕЙКОЗА У ДЕТЕЙ  
В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНОМ РЕГИОНЕ СИБИРИ**  
FREQUENCY AND PECULIARITIES OF THE COURSE OF ACUTE LEUKEMIA IN  
CHILDREN IN ECOLOGICALLY UNFAVOURABLE REGION OF SIBERIA

Балашева И.И.

Сибирский медицинский университет, 634004, Россия, Томск, пр. Ленина 43,  
тел. 415-726, 232-411

Эпидемиология лейкоза - один из актуальных и все еще недостаточно изученных разделов лейкологии, особенно у детей.

Исследования по изучению частоты и распространенности острого лейкоза среди детей в одном из регионов Западной Сибири (Томская область) проводятся нами, начиная с 1958 года, и систематически освещаются в печати (И.И. Балашева и др., 1972, 1975, 1978, 1985, 1986, 1987, 1993, 1994, 1995).

В данной работе подводятся итоги 38-летних наблюдений (1958-1995гг.), освещаются вопросы географии острого лейкоза у детей данного региона, сопоставляются показатели заболеваемости с рядом природных и других факторов. Отдельно анализируются три последних года (1993, 1994, 1995) в связи с ухудшением экологической обстановки после аварии на Сибирском химическом комбинате.

Согласно методическим указаниям, в интенсивных показателях подсчитывались первичная заболеваемость и распространенность острого лейкоза среди детей в возрасте от 0 до 14 лет. Расчет производился на 100 тысяч детского населения по данным областного статистического управления с учетом естественного движения населения. Анализ проведен с учетом возраста и пола детей отдельно по городской и сельской местностям. С помощью цитохимических и цитогенетических иммунологических исследований уточнялся вариант лейкоза. Для повышения достоверности полученных данных использованы прямой и обратный методы стандартизации.

Статистический анализ, проведенный за 35 лет (1958-1992гг.), показал, что лейкоз встречается во всех возрастах детства с подъемом в 3-5 и 12-14 лет. Пик заболеваемости наблюдается в возрасте 4 лет. Большинство авторов также отмечает наибольшую заболеваемость острым лейкозом детей дошкольного возраста. Заболевание мальчиков, по нашим данным, превышает таковое у девочек. Преобладающей формой был острый лимфобластный лейкоз.

Первичная заболеваемость детей острым лейкозом по области за указанные 35 лет составила 3,29 на 100 тысяч детского населения. Эти данные согласуются с полученными нами ранее показателями по Красноярскому краю, Южному Кузбассу -



3,32 и 3,04 соответственно. Указанные цифры являются средними и близкими к таковыми, приводимым в литературе.

На протяжении 35 лет отмечались колебания заболеваемости с подъемами в отдельные годы. Стандартизованные по полу и возрасту показатели подтверждают это положение. Увеличение заболеваемости в отдельные года также отмечает ряд авторов. Выпрямление кривой методом наименьших квадратов свидетельствует о медленном подъеме заболеваемости на протяжении этих лет.

Несомненный интерес представляет сравнение заболеваемости лейкозом за указанные годы среди городских и сельских детей. Проведенные нами исследования свидетельствуют о ее более высоком уровне среди детей села по сравнению с городскими.

Анализ по пятилетиям показал, что заболеваемость по области возрастала от первого к третьему со снижением в 70-е годы и новым подъемом с восьмидесятых годов.

Учитывая возможную связь острого лейкоза с природно-климатическими факторами, нами проведен анализ первичной заболеваемости по трем природно-климатическим подзонам: северной, средней и южной. При этом более высокий показатель обнаружен в северной подзоне. В наших более ранних работах было произведено сопоставление первичной заболеваемости детей лейкозом с рядом природных факторов местности, в частности, физико-химическим составом почв и содержанием в них макро- и микроэлементов. При этом установлено наличие достоверной связи с суммой окислов 14 редкоземельных элементов и иттрия и отрицательной связи заболеваемости с содержанием в почвах подвижной меди и никеля.

Учитывая данные литературы о возможной связи лейкоза с другими заболеваниями, были подсчитаны коэффициенты корреляции первичной заболеваемости лейкозом с показателями заболеваемости вирусным гепатитом, гриппом, дизентерией, туберкулезом, ревматизмом, пневмонией у детей. Положительная, близкая к достоверной, связь выявлена лишь с вирусным гепатитом (0,53%). Анализы коэффициента Спирмена и полихорического показателя связи не обнаружили пространственно-временных соотношений случаев заболеваемости, но отмечены циклические подъемы в интервале 2-4 лет.

Не выявлено каких-либо особенностей в течение острого лейкоза у детей на протяжении 35 лет. Преобладающей формой остается острый лимфобластный лейкоз. Заболевание, как правило, начинается постепенно; в клинической картине преобладает лимфопролиферативный синдром над геморрагическим, чаще при нормальном или сниженном количестве лейкоцитов в периферической крови. Костно-суставные изменения некротические поражения наблюдаются реже. Второе место по частоте занимает острый миелобластный лейкоз (M1, M2) - чаще у детей школь-

го возраста. Дебют заболевания более острый. Тяжесть состояния обуславливают геморрагический и анемический синдромы. Другие варианты (M0, M3, M4, M5, M6) встречались реже.

Несомненный интерес представляет динамика заболеваемости детей острым лейкозом в связи с ухудшением экологической обстановки после аварии на СХК в начале 1993 года. Наблюдения показали, что уровень заболеваемости в 1993 году оставался в пределах средних величин (3,33 на 100 тысяч); его роста не отмечено. Однако в 1994 году этот показатель значительно возрос. Возможно это очередной эпидемиологический подъем. Также у большинства детей диагностирован острый лимфобластный лейкоз. Необходимо отметить, что в 1994 году впервые наибольшее число больных было из города Томска, а не из сельской местности. В 1995 году уровень заболеваемости снизился до средних цифр.

Кроме того, используя метод регрессивного анализа, нами проведен расчет ожидаемой заболеваемости на следующее 10-летие. Полученные данные свидетельствуют о ее среднем уровне, но несколько большем, чем в предыдущее десятилетие.

Таким образом, наши наблюдения свидетельствуют о том, что на протяжении 35 лет в области регистрируется средний уровень заболеваемости детей острым лейкозом; он выше среди сельских жителей, чем среди городских, и нарастает с юга на север. Существенных изменений в клинической картине заболевания за указанный период не отмечено, равно как и не обнаружен достоверной связи с другими заболеваниями детского возраста. Ухудшение экологической обстановки в регионе с начала 1993 года требует дальнейших исследований.

## **АНАЛИЗ ЭКСЦИЗИОННОЙ ДНК-РЕПАРАЦИИ, УРОВНЯ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИНТЕРФЕРОНОГЕНЕЗА В КРОВИ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СХК**

**INTERFERONOGENESIS, DNA REPAIR AND CYTOGENETIC ALTERATION IN THE BLOOD OF PEOPLE EXPOSED TO RADIATION AS A RESULT OF THE ACCIDENT AT THE SIBERIAN CHEMICAL PLANT (APRIL 6, 1993)**

Ильинских Н.Н., Васильева О.А., Найденова Н.Н., Иванчук И.И., Рогозин Е.А.  
Сибирский государственный медицинский университет, НИИ психического здоровья  
ТЦН СО РАМН, Россия, г. Томск

Известно, что интерферон значительно снижает частоту клеток с цитогенетическими нарушениями, индуцированными радиацией, в основном, за счет существенного усиления в клетках ДНК-репаративных процессов (Suzuki et al., 1988). По-

казано, что этот процесс связан со стимулирующим влиянием интерферона на деятельность ферментных систем, способствующих удалению ДНК тиминовых димеров наиболее часто наблюдаемое изменение молекулы ДНК при радиационных воздействиях на клетку (Zasukhina et al., 1986). Ранее нами было показано, что имеется достоверная связь между способностью лейкоцитов к ДНК-репарации и к интерферонпродукции (Ilyinskikh et al., 1989). Показано, что чем сильнее снижена активность ДНК-репаративных систем, тем меньше интерферонпродукция лейкоцитов крови. Была высказана идея о том, что интерферон является медиатором, связующим системы, призванные поддерживать генетический гомеостаз организма (Ilyinskikh, 1990), поскольку интерферон способен одновременно активировать как ДНК-репаративную систему, так и систему клеток-киллеров, призванных устранять из организма мутантноизмененные потенциально раковые клетки. Ранее было показано, что у жителей Томской области, проживающих в населенных пунктах, подвергнутых радиационному загрязнению в результате аварии на радиохимическом заводе Сибирского химического комбината (6 апреля 1993 года) наблюдается высокий уровень клеток крови с микроядрами и хромосомными aberrациями (Ilyinskikh, Kudriavsev et al., 1995; Ilyinskikh, Natarajan et al., 1995). Одновременно нами было установлено, что в этих же населенных пунктах местные жители часто болеют различными вирусными заболеваниями (Ilyinskikh, Novitslii, 1995). В связи с этим мы предположили, что местных жителей должны наблюдаться изменения в системе репарации ДНК и в способности клеток к продукции интерферона.

Целью настоящей работы явилось изучение активности интерферонпродукции и ДНК-репарации лимфоидными клетками крови у жителей поселка Самусь Томской области, проживающих в зоне влияния Сибирского химического комбината.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужила кровь 128 здоровых жителей поселка Самусь и 98 жителей контрольного поселка Лоскутово. Индуктором  $\alpha$ -интерферона служил вирус болезни Ньюкасла (Newcastle disease) из расчета 10 ТЦД<sub>50</sub> (титр цитопатогенных доз) на 1 лейкоцит. Клетки (1000000 в 1 мл) инкубировали с вирусом 24 часа, после чего вирус инактивировали инкубацией в кислой среде (рН 2) при 4 °С в течение 5 суток. Затем рН доводили до 7,2 и определяли содержание интерферона. Для индукции  $\gamma$ -интерферона использовали фитогемагглютинин - ФГА (Difco, USA) в конечном разведении 1:200. Индукцию проводили при 37 °С в течении 72 часов. Для определения  $\alpha$ - и  $\gamma$ -интерферонов использовали методику подавления цитопатического действия тест-вируса (вирус везикулярного стоматита - vesicular stomatitis) на перевиваемые культуры клеток эмбриона человека. За единицу активности интерферона принимали величину, обратную разведению интерферона, обеспечивающему 50 % защиту клеток монослоя от цитопатического действия тест-вируса.

стандартизацию титров интерферона осуществляли по референс-препаратам  $\alpha$ -интерферона.

В настоящей работе применен анализ эксцизионной репаративной активности ДНК лимфоцитов крови (Lehmann, Kargan, 1981) доноров. Уровень репаративного синтеза ДНК индуцированного ультрафиолетовым облучением ( $15 \text{ J/m}^2$  при интенсивности излучения  $1,6 \text{ J/s}$  на  $1 \text{ m}^2$ ) измеряли с помощью жидкостно-цинтиляционного метода по включению  $^3\text{H}$ -тимидина в общий пул клеток ( $1 \cdot 10^6$  клеток/мл) при подавлении репликативного синтеза ДНК оксимочевинной ( $10 \text{ mM/мл}$  в течение 30 минут). Вычисляли индекс стимуляции репаративного синтеза ДНК, представляющего собой отношение показателей счета радиоактивности (имп/мин) проб после воздействия ультрафиолетом к радиоактивности проб в контрольных образцах.

Кроме того в крови обследуемых определяли число Т- и В-лимфоцитов методом изложенным Seiler et al., (1972) и бласттрансформации Т-лимфоцитов согласно метода Curtis et al. (1970). Все полученные данные обрабатывались статистически.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

У жителей поселка Самусь, расположенного в зоне влияния Сибирского химического комбината количество Т-лимфоцитов крови с отклонениями от нормы в структуре и числе хромосом было достоверно выше, чем в контрольном поселке Лоскутово (табл. 1).

Таблица 1

Число хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови жителей радиационно-загрязненного поселка Самусь, по сравнению с контролем ( $M \pm m$ )

Населенный пункт	tot c	g	b	f	ch exch	dic	tri cent	sent ring	a cent ring
Самусь	14610	$1 \pm 0,4$	$3,8 \pm 0,5$	$12,4 \pm 1,8$	$0,2 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,7$	$0,5 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,4$
Лоскутово (контроль)	12870	$0,8 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,4$	$0,4 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	0,0	0,0	0,0
P		$>0,05$	$>0,05$	$<0,01$	$>0,05$	$<0,01$			

Способность Т-лимфоцитов крови к реакции бласттрансформации под влиянием ФГА у этих жителей была существенно ниже, чем в контроле, то же можно сказать относительно способности этих клеток к спонтанному розеткообразованию с эритроцитами барана. В то же время способность В-лимфоцитов крови к комплементарному розеткообразованию была достоверно выше нормы (табл. 2).

При обследовании жителей поселка Самусь была обнаружена отрицательная корреляция между иммунореактивностью Т-лимфоцитов (бласттрансформация на ФГА и спонтанное розеткообразование) и числом Т-лимфоцитов, имеющих цито-

генетические нарушения. В других случаях корреляция между цитогенетическими и иммунологическими показателями не наблюдалось (табл. 3).

Таблица 2

Показатели иммунореактивности лимфоцитов крови у жителей поселка Самусь по сравнению с контролем (M±m)

Населенный пункт	Число розеткообразующих клеток в 1 мм <sup>3</sup> крови, *10 <sup>3</sup>		Число Т-лимфоцитов, способных
	E-RFC	EAC-RFC	
Самусь	0,62±0,08	0,29±0,04	28,6±3,8
Лоскутово (контроль)	1,12±0,08	0,11±0,03	65,0±1,2
P	<0,01	<0,05	<0,01

Таблица 3

Корреляция между числом лимфоцитов с цитогенетическими нарушениями и различными показателями иммунореактивности лимфоцитов крови у жителей поселка Самусь и в контроле

Показатели иммунореактивности	Коэффициент корреляции			
	для жителей пос. Самусь	P	для жителей пос. Лоскутово (контроль)	P
Число E-RFC	-0,86	<0,01	-0,20	>0,05
Число EAC-RFE	+0,33	>0,05	+0,27	>0,05
Реакция трансформации ФГА	-0,57	<0,05	-0,32	>0,05

Лимфоциты жителей поселка Самусь продуцировали меньше интерферона обеих типов и имели сниженную эксцизионную ДНК репарацию чем лимфоциты жителей контрольного поселка (табл. 4).

Таблица 4

Интерфероногенез и индекс эксцизионной ДНК-репарации в лимфоидных клетках крови жителей поселка Самусь и в контроле (M±m)

Населенный пункт	Продукция интерферона (в условных единицах)		Индекс эксцизионной ДНК-репарации
	α-интерферон	γ-интерферон	
Самусь	27, 3±2,8	23,0±2,6	1,10±0,06
Лоскутово (контроль)	65,6±3,2	28,6±4,3	1,89±0,05
P	<0,01	>0,05	<0,01

### ОБСУЖДЕНИЕ

Априорно возможно заключить, что нарушение в лимфоидной клетке генетического аппарата должно приводить к снижению ее способности к выполнению специфических функций, в том числе и интерферонпродукции. Известно, что α- и γ-интерфероны вырабатываются разными клетками: первый преимущественно В-

лимфоцитами, а второй Т-лимфоцитами (Wirahawska-Stewart, Stewart, 1981). Согласно полученным данным, у жителей радиационно загрязненных районов на фоне высокого уровня Т-лимфоцитов с цитогенетическими нарушениями понижена способность этих клеток к бласттрансформации на ФГА и к продукции интерферона. Поскольку многие цитогенетические aberrации резко снижают жизнеспособность клеток, закономерно предположить, что некоторые цитогенетические измененные Т-лимфоциты, по-видимому, не способны претерпевать бласттрансформацию на ФГА и в связи с этим не синтезируют  $\gamma$ -интерферон. Возможно эти клетки не могут ответить на митогенное влияние ФГА из-за нарушения соответствующих антигенных рецепторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Curtis J.E., Hersh E.M., Harris J.A., McBride C., Freireich E.J. (1970). The human primary immune response to keyhole limpet haemocyanin interrelationship of delayed hypersensitivity, antibody response and in vitro blast transformation. *Clin. exp. Immunol.*, 6, p. 473-491.
2. Ilyinskikh N.N., Kudriavtsev D.P., Ilyin S.Yu., Zagromov E.Yu., Ilyinskikh E.N. (1995). The mutagenic consequences of radiation pollution of Siberia. In: 25th Annual Meeting of the European Environmental Mutagen society. The Netherlands, June, 18-23, 1995, p. 280.

### **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПРОГНОЗЫ**

#### **BIOLOGICAL EFFECTS RADIATION: PROBLEMS AND PROGNOSIS**

Салеев А.А., Гарбуз Л.А.

Военно - медицинский факультет при Сибирском государственном медицинском университете, 634021, Россия, г. Томск, ул. Сибирская, 81-33, тел. 213088, факс 8382(2) 213088.

Нормирование в области радиационной гигиены считается одним из наиболее глубоко научно обоснованных. Оно исходит из положения недопущения пороговых (острая и хроническая лучевая болезнь, лучевые ожоги, катаракта и др.) и снижение до возможно низкого, социально приемлемого уровня риска возникновения беспороговых стохастических эффектов (раки, лейкозы, наследственные и тератогенные последствия). Однако и в этих разработках существует много нерешенных проблем и вопросов.

Можно констатировать, что до сих пор не найдено достаточно действенных методов защиты организма от лучевых поражений. Эффективность применяющихся



радиопротекторов не превышает 1,4 : 1,6 и равна вариабельности индивидуальной радиоустойчивости людей. Лечение острых и хронических лучевых заболеваний фактически носит симптоматический (предупреждение осложнений), а не патогенетический характер. В частности, выживание после однократного облучения в дозе свыше 6 Гр практически исключено. Центральной и перспективной проблемой радиобиологии было и остается изучение механизмов природной радиочувствительности и способов управления тканевыми и системными реакциями организма.

Краеугольным камнем преткновения является вопрос о существовании порога воздействия радиации и количественном выражении зависимости "доза-эффект" в отношении отдаленных последствий облучения. Последние постоянно подвергаются критике и ревизии. На заседании МКРЗ в сентябре 1988 г. поднимался, в частности, вопрос о пересмотре критериев риска возникновения раков и генетических нарушений с соответствующим снижением основных дозовых пределов для профессионалов до 3,0 сЗв в год, для лиц из населения до 0,2 сЗв в год (Рамзаев П.В.). Чернобыльская трагедия ярко проявила отсутствие системных научных разработок в области оценки медицинских последствий допороговых (до 1 Гр) уровней облучения. Многочисленные исследования в отношении участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и лиц, проживающих на радиоактивно загрязненных территориях, показывают наличие разнообразных патологических изменений в состоянии здоровья и психического статуса. Можно предполагать, что ранее подобные повреждения без определенного выхода на клинический, однозначно трактуемый как вредный уровень, не подвергались научной оценке по определенным политическим моментам. В настоящее время эта проблема для многих регионов страны, в том числе и для Томской области, является весьма актуальной.

В целом, достоверно выявляемые изменения в состоянии здоровья населения с повышенной радиационной нагрузкой носят заведомо неспецифический общесоматический характер, в той или иной степени распространены и в неподвергшейся дополнительному радиационному воздействию популяции. У участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и населения, проживающего на радиоактивно загрязненных после аварии территориях, отчетливо прослеживаются признаки преждевременного старения и ранние атеросклеротические изменения. Общим признаком являются изменения в иммунной системе, главным образом, за счет значительного угнетения Т-клеточного звена (Васильева О.А.). Отсюда, возможно, вытекают увеличение частоты и тяжести аллергических заболеваний, синдром множественной непереносимости лекарственных средств и пищи, большая подверженность острым респираторным заболеваниям, обострение инфекционных процессов.

У "ликвидаторов", по данным Всеармейского регистра, существенно преобладает уровень заболеваний сердечно-сосудистой и пищеварительной системы. В



отношении последней, при значительной частоте первичного гастродуоденита, характерны дефицит иммунокомпетентных клеток в слизистой и дистрофические изменения в эпителии и элементах стромы. Отсюда можно предполагать косвенное повреждение через нарушение иммунной системы и, ранее предложенные механизмы (Law, Withers) - через нарушение питающих кровеносных сосудов, изменения в медленно профилирующих паренхиматозных или опорных клетках.

Таким образом, на фоне отсутствия специфического синдрома, радиации малого уровня несомненно стимулирует развитие целого ряда обычных заболеваний. Играет роль и исходная предрасположенность к данному виду патологии, влияние сопутствующих неблагоприятных факторов внешней среды, условий и образа жизни. В значительной степени прослеживается роль хронического стресса в развитии как общесоматической, так и, прежде всего, нервно - психической патологии (астено-невротические состояния, вегетативный дисбаланс, интеллектуально-эмоциональное снижение и др.). В радиационно неблагоприятных районах Томской области установление причинной связи с радиационным фактором существенно осложняется наличием неблагоприятной обстановки по химическому загрязнению воздуха, поверхностных вод и почвы в результате функционирования Томского нефтехимического комбината и предприятий агропромышленного комплекса. Однако у населения из радиационно неблагоприятной зоны существенно, в 2-5 раз чаще встречаются заболевания крови и кроветворных органов, врожденные аномалии, заболевания сердечно-сосудистой системы. Некоторые синдромы и заболевания (Шеребро - астенический, поражение глаз и ряд других) в контрольной группе населения из незагрязненных радионуклидами районов вообще не встречались.

Выявление вредных последствий проживания на неблагоприятных в радиационном отношении территориях является сложной и многоплановой задачей, так как требует максимально возможной элиминации при сравнении состояния здоровья населения в опытной и контрольной группах факторов нерадиационной природы (промышленного загрязнения, характера проживания, включая организацию медицинского обслуживания, социально - возрастного состава и т.п.).

В последние годы определился ряд новых направлений в оценке длительного воздействия "малых" доз радиации, в частности, по эффекту повреждения клеточных мембран, что может подвергнуть серьезному пересмотру устоявшиеся представления. Пока мы не приблизимся к пониманию и надежной оценке непосредственных и отдаленных соматических и генетических последствий действия малых доз хронического облучения, необходимо максимально ограничить облучение населения.

Однако другой труднорешаемой задачей является оценка фактических уровней долговременного и сочетанного (внешнее и внутреннее) облучения. Су-

ществующие методики, исходя из факторов радиационной обстановки, позволяют это делать в значительном приближении. Тем более, что при проживании вблизи действующих предприятий атомной промышленности уровни радиационного воздействия постоянно изменяются, вплоть до возможности нефиксированных повышенных выбросов. Фактически отсутствуют применимые для практики санитарно-эпидемиологического надзора подходы к оценке степени опасности от таких радионуклидов, как тритий, углерод-14, криптон-85, йод-129, плутоний-239. Оценка возможной эффективной эквивалентной дозы населения видится главным образом на основе современных методов биодозиметрии (хромосомные aberrации с дицентриками, радиационные дефекты, выявленные методом ЭПР в эмали зубов и др.).

### ВЫВОДЫ

1. Оценка состояния здоровья населения, проживающего в районах с повышенным радиационным воздействием, требует комплексности и корректных методических подходов.
2. Для определения групп населения со сверхфоновой лучевой нагрузкой необходимо основываться на данных биодозиметрии.
3. В ходе анализа влияния хронического действия "малых" доз радиации можно предполагать прежде всего, увеличение количества и степени тяжести общесоматических неспецифических заболеваний различных органов и систем.

## МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИИ И ЕЕ СТРУКТУРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

### MECHANISMS OF DEVELOPMENT OF PATHOLOGY AND ITS STRUCTURE UNDER THE INFLUENCE LITTLE DOSES OF RADIATION ON HUMAN BODY

Сиваченко В.Н., Зеневич М.В., Гарбуз Л.А.

Военно-медицинский факультет при Сибирском медицинском университете  
634021, Россия. г.Томск, ул. Лебедева, 105-225, тел. 213576, факс 8382 (2) 213576

В психологии врачей проявления воздействия ионизирующих излучений на организм человека ассоциируются с выраженным клинико-гематологическими изменениями. В то же время многочисленные исследования состояния здоровья ликвидаторов радиационных аварий свидетельствуют о наличии жалоб астеновегетативного характера, диспептических расстройств, обострений хронических заболеваний, изменений иммунитета и других существенных сдвигов.

Несмотря на сохранение адаптивного уравнивания организма со средой во времени, растет напряжение процессов регуляции органов и систем вследствие урбанизации жизни общества. Следовательно, степень напряженности

физиологических систем выступает в качестве своеобразного "критерия" патологии. Всякое повышение степени напряжения регуляторных механизмов на фоне действия "малых доз" радиации приводит к специфическим изменениям.

Опыт динамического наблюдения за данными контингентами выявил нарастание степени дезадаптивных изменений и в физиологических системах организма с последующим вовлечением их в патологический процесс.

Развитие патологии при воздействии на организм малых доз радиации, по моему мнению, имеет фазный характер: первичная реакция, скрытый период, компенсированной патологии и срыва (поломки адаптивных механизмов).

Первичная реакция у них проявлялась в виде вегетососудистых дистоний дыхательных путей вследствие воздействия радионуклидов и некоторыми астено-вегетативными признаками. Также отмечалось обострение хронических заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы вследствие перенапряжения защитно-приспособительных механизмов.

Скрытый период характеризовался состоянием между нормой и патологией. Гематологические исследования не выявляли значительных изменений морфологического состава периферической крови на фоне снижения количества больших гранулоцитарных лимфоцитов и повышения мембранной проницаемости эритроцитов. Вместе с тем, наблюдалась неадекватная реакция организма на воздействие факторов внешней среды, что проявлялось увеличением частоты простудных заболеваний и увеличением числа симптомов астено-вегетативного синдрома.

Период компенсированной патологии у ликвидаторов характеризовался истощением функционального резерва и нарастанием явлений астенизации. Наряду с ростом признаков патологии, снижалась социальная активность и формировались синдромы поражений органов и систем. В этот период на первое место в структуре патологии выходили болезни нервной системы (40%) в форме вегето-сосудистых дистоний (80%) и дисциркуляторных энцефалопатий (20%). Тогда как органическая патология центральной нервной системы в этот период не регистрировалась. Вместе с тем, обращало внимание изменение психологических тестов "самооценки функционального состояния". На втором месте были нейро-циркуляторные дистонии по смешанному типу (30%) с характерной клинической симптоматикой. Третье место занимали обострения хронических заболеваний, ранее имевшихся в анамнезе.

Стадия поломки характеризовалась срывом механизмов адаптации, резким снижением социальной активности ликвидаторов и ростом органической патологии с проявлением единичных случаев онкологических заболеваний.

По материалам анализа состояния здоровья 306 участников ликвидации аварии на ЧАЭС г.Томска и области в этой стадии в структуре патологии на первое место выходила патология органов пищеварения, составив 28,93% (160 слу-

чаев). На втором месте оказывались болезни нервной системы - 20,07% (111 наблюдений). Третье место занимали болезни органов системы кровообращения - 19,35% (107). Четвертое место - болезни эндокринной системы - 68 случаев (12,30%). Пятое место приходилось на патологию костно-мышечной системы и соединительной ткани - 7,59% (42). Патология мочеполовых органов, дыхания, психологические расстройства составляли, соответственно, 6,6% (37), 3,44% (19) и 1,63% (9 наблюдений).

Определенный интерес представляло распределение нозологических форм заболеваний внутри классов. Так, в числе заболеваний органов пищеварения основную долю составляли хронические некалькулезные холециститы - 41,87% (67 наблюдений) и дополнительно в сочетании с желчекаменной болезнью - 5,63% (9). На втором месте оказались хронические диффузные гастриты - 19,4% (31 случай). На третье место выходила язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки - 14,38% (23 больных). Гастродуодениты занимали четвертое место - 12,5% (20). Далее места распределялись следующим образом: язвенная болезнь желудка 4,38% (7 наблюдений), хронический персистирующий гепатит 1,88% (3).

В структуре болезней нервной системы и органов чувств преобладающее место имели вегето-сосудистые дистонии - 54,95% (61 случай) и дисциркуляторные энцефалопатии - 41,14% (49). Тогда как органическая патология центральной нервной системы (новообразований) зарегистрировалась лишь в одном случае (0,9%).

В числе болезней органов системы кровообращения первое место приходилось на гипертоническую болезнь I - II стадии - 47,66% (51 наблюдение). На втором месте оказывалась ишемическая болезнь сердца: в сочетании с гипертонической болезнью - 14,02% (15) и без последней - 9,35% (10 случаев). В этом классе цереброваскулярная болезнь составляла 16,82% (18 наблюдений): без гипертонической болезни - 11,21% (12) и в сочетании с последней - 5,61% (6). Существенно реже имели место стенокардия - 7,48% (8 случаев) и инфаркт миокарда - 4,67% (5).

В числе эндокринной патологии регистрировались только заболевания щитовидной железы в форме хронического аутоиммунного тиреоидита - 12,3% (68 случаев).

В структуре болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани ведущее место принадлежало остеохондрозу шейного и поясничного отделов позвоночника - 97,61% (41 наблюдение). Тогда как артриты неревматической этиологии составляли лишь 2,39%.

Среди болезней мочеполовых органов имел место только хронический пиелонефрит, который сочетался с мочекаменной болезнью в 59,46% (22 больных), а без последней - в 40,54% (15).

В числе патологии органов дыхания основную долю составлял хронический структурный бронхит - 94,74% (18 наблюдений). Острые пневмонии выявлялись в 5,26%.

По классу психических расстройств документально указывались только невротические нарушения в 1,63% (9 случаев).

Таким образом, анализ состояния здоровья участников ликвидации аварии ЧАЭС выявил единое патологическое единство развивающихся гастроэнтерологических, психических, эндокринных, сосудистых расстройств, фазность патологии разных систем и сочетанное развитие ее (двух и более), прогрессирование патологических расстройств во времени.

### **МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

#### **THE MEDICAL ASPECTS OF THE ANTROPOGENIC INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE POPULATION HEARTH OF THE REPUBLIC OF SAHA (YAKUTIA)**

Алексеева А.И., Платонова Н.С.

Якутский государственный университет, Россия,

Республика Саха (Якутия), г.Якутск

Последние годы характеризуются негативными тенденциями в состоянии здоровья населения республики. Отмечается неуклонный рост заболеваемости, особенно ее хронических форм.

Медико-демографические показатели здоровья населения Республики Саха (Якутия) выявляют значительный процесс снижения рождаемости, повышения смертности и обусловленное этим снижение естественного прироста населения. По данным Госкомстата РС (Я) [1], численность населения республики на 01.01.1995 г. составила 1048,5 тыс.чел., в том числе городского—679,3, сельского — 369,2 (табл. 1).

Особую тревогу вызывает тот факт, что ежегодно остается высоким процент новорожденных, родившихся уже больными или заболевшими в первые часы и дни жизни [2]; в 1994 г. их было 5064 из числа всех родившихся живыми (в 1993 г. — 4663 или 27,6%), из их числа имеют пороки развития (1993 г. — 318 (6,8 %) детей. Показатель младенческой смертности составил на 1000 новорожденных: 1992 г. — 21,7, 1999 г. — 21,8, 1994 г. — 21,8. Врожденные аномалии — весьма значимая причина младенческой смертности. Высока смертность от врожденных пороков развития в улусах: Алданском, где аномалии составили 33,3 % от всех причин младенческой смертности, Ленском — 35,2 %, Таттинском — 50,0 %. Показатель общей смертности

имел самый низкий уровень в республике в 1989 г. – 6,1 на 1000 населения, в том числе в городской местности – 5,4, в сельской – 7,5. В 1994 г. этот показатель составил соответственно 9,7, 10,1 и 9,5, т.е. в течение 5 лет повысился по республике на 62,2 %. В 1990-1994 гг. смертность повысилась по всем классам заболеваний. Рост онкологической заболеваемости составил с 133,9 на 1000 населения в 1991 г. до 169,3 в 1994 г. В структуре онкологической заболеваемости первое место занимает рак легкого – 32,5, второе – рак желудка (22,2), третье – рак пищевода. По данным Минздрава РС (Я), среди детей и подростков встречаются такие патологии, как кариес (42,9 %), нарушения зрения (15,5 %), туберкулезная интоксикация (17 %), тонзиллит (5,6 %), аномалии слуха (3,6 %) и нарушения осанки [3]. Положение с обеспечением населения доброкачественной водой по-прежнему остается крайне неудовлетворительным. Источниками водоснабжения в 98 % служат поверхностные водоемы и водотоки, которые в силу своей незащищенности характеризуются высокой степенью химического и бактериального загрязнения

Таблица 1

**Демографические процессы в Республике Саха (Якутия) в 1989-1994 гг.**

	Численность на 12.01.89, тыс.чел.	Суммарная численность движения населения в 1989-1994 гг., тыс.чел.		Среднегодовое население в 1994 г., тыс.	Структура населения, %	
		естествен. прирост	механич. движение		1989 г.	1994 г.
Все население	1094,1	65,3	-111,1	1048,3	100,0	100,0
в том числе:						
городское	732,0	32,7	-84,5	680,2	66,9	64,9
сельское	362,1	32,6	-26,6	368,1	33,1	35,1
якуты	365,2	35,6	—	400,8	33,4	38,2
народности Севера	24,8	3,2	—	28,0	2,3	2,7
русские	550,3	19,8	-86,0	484,1	50,3	46,2
прочие	153,8	6,7	-25,1	135,4	14,0	12,9

В 1990-1994 гг. показатель рождаемости снизился с 19,6 до 15,5 на 1000 населения (табл. 2).

Среди многочисленных факторов, влияющих на состояние здоровья населения, можно выделить напряженную экологическую обстановку. Роль факторов экологического риска и их количественные значения необходимо принимать во внимание при планировании приоритетных медико-социальных и природоохранных мероприятий.

Таблица 2

**Основные показатели естественного движения населения Республики Саха (Якутия) в 1990-1994 гг. (на 1000 населения)**

	Показатель рождаемости			Показатель смертности			Показатель естеств. прироста		
	1990	1993	1994	1990	1993	1994	1990	1993	1994
все население	9,6	5,7	5,5	0,8	0,8	0,7	2,8	0,9	0,8
в том числе:									
городское	6,6	2,7	2,8	6,1	0,9	0,1	0,5	0,8	0,7
сельское	5,6	1,4	1,0	0,1	0,8	0,5	7,5	2,6	1,2
районы	6,7	2,1	1,4	0,4	0,0	0,7	8,3	3,1	1,7
районы Севера	1,7	6,7	7,7	0,3	1,0	0,7	2,4	5,7	7,0
русские	4,3	1,6	1,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,9	0,1
прочие	7,4	0,8	0,9	0,3	0,7	1,7	2,1	0,1	0,8
Российская Федерация	3,4	0,4		1,2	4,5		0,2	5,1	

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Здоровоохранение и социальное обеспечение в Республике Саха (Якутия) за 1990, 1992, 1993 гг. Статистический сборник № 130/3518. – Якутск, 1994. – С. 6, 9-14.
2. Государственный доклад "О состоянии здоровья Республики Саха (Якутия) в 1994 г." – Якутск, 1995. – С. 5-8, 14-15.
3. Государственный доклад "О состоянии окружающей природной Среды Республики Саха (Якутия)". – Якутск, 1995. – С. 78.



**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ,  
ПРОЖИВАЮЩЕГО В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИЯХ,  
РАСПОЛОЖЕННЫХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ  
НАПРАВЛЕНИЯХ г.ТОМСКА**

**THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF DISEASES AMONCY THE VILLAGE  
POPULATION ON THE TERRITORIES TO THE NORTH-EAST AND NORTH-WEST  
FROM TOMSK.**

Попов А.Я.

Россия, Томская область, с.Зырянское

Проводилась обработка полученных статистических данных о состоянии здоровья населения, проживающего на территории северо-восточной и северозападной зон, расположенных в сельской местности от г.Томска. Достоверно известно, что основное направление ветра юго-западное на исследуемых территориях. При рассмотрении материала было обращено внимание на тот факт, что некоторые заболевания существенно различаются среди групп населения проживающих в различных районах по направлению от г. Томска. В первую очередь, в северо-восточном направлении, отмечается рост злокачественными новообразованиями болезнями крови (рис.1,2).

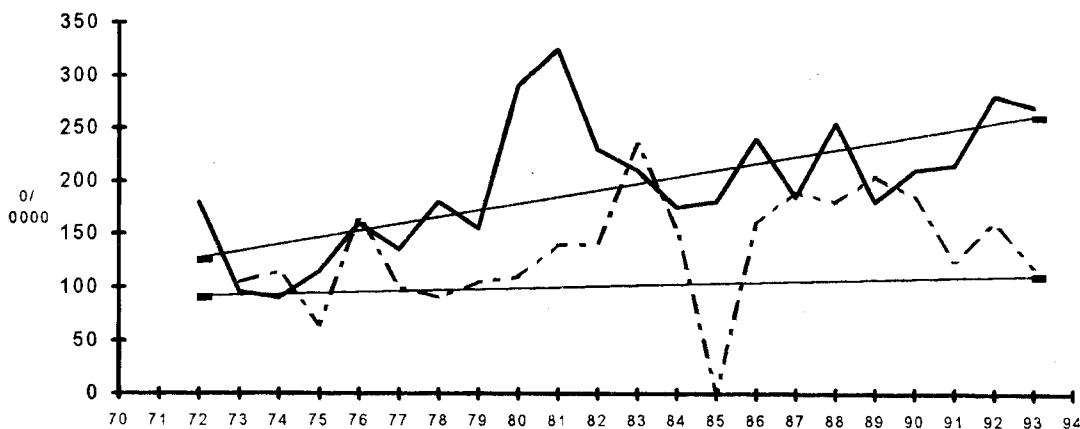


Рис.1. Онкологическая заболеваемость в северо-западном и северо-восточном направлениях от г.Томска на 100000 населения за 20 лет наблюдения.

Кроме этих заболеваний, на территории северо-восточного направления увеличиваются психические заболевания и заболевания мочевыделительной системы (рис.3,4,5,6).

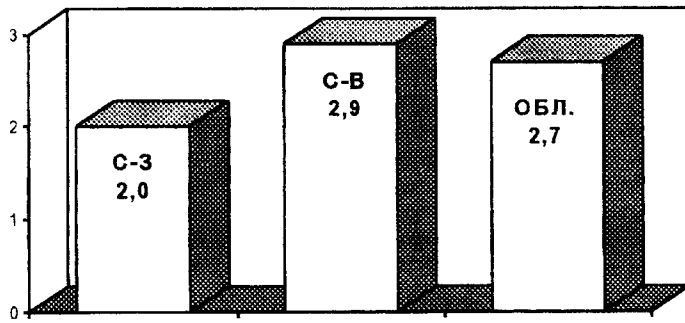


Рис.2. Стандартизованные показатели заболеваемости крови и светворных органов среди взрослого населения северо-западного и северо-восточного направлений территорий проживания от г.Томска за период с 1991 по 1994г. /на 1000 населения/.

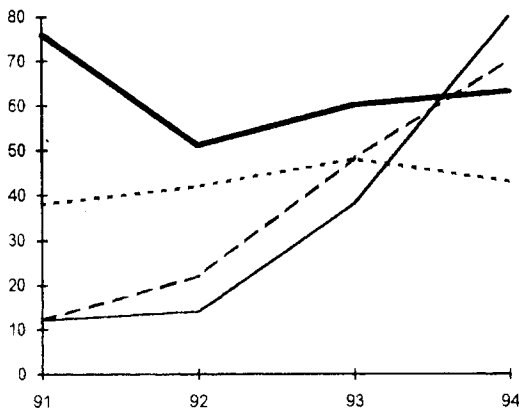


Рис.3. Динамика психических заболеваний в северо-восточном направлении среди взрослого населения на 1000.

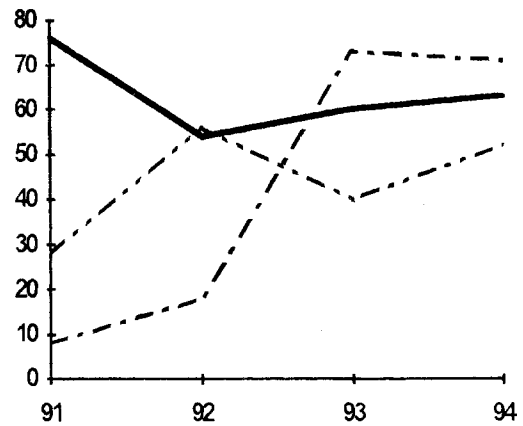


Рис.4. Динамика психических заболеваний среди взрослого населения на 1000 по северо-западному направлению.

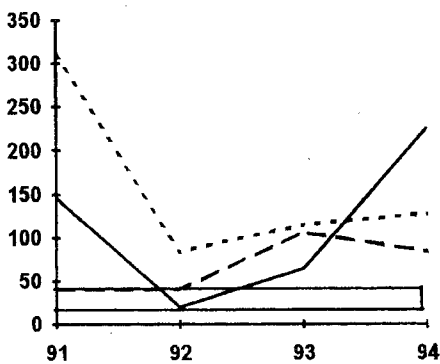


Рис.5. Динамика заболеваемости почек у рожениц и родильниц на 1000 по с-в направлению от г.Томска.

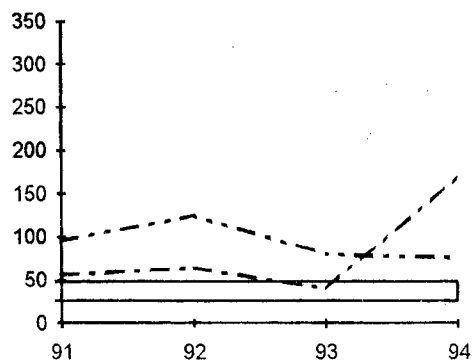


Рис.6. Динамика заболеваемости почек у рожениц и родильниц на 1000 в с-з направлении от г.Томска

Особую тревогу вызывает значительный рост заболеваний среди новорожденных (рис.7,8).

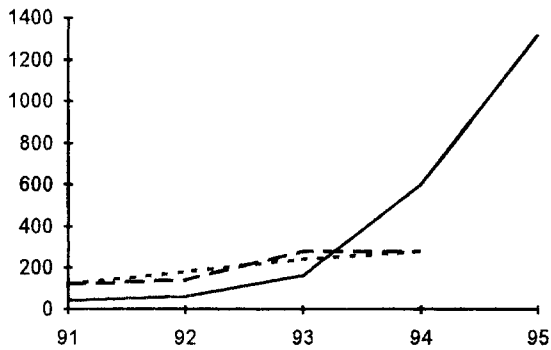


Рис.7. Заболеваемость новорожденных на 1000 родившихся по северо-восточной зоне от г.Томска.

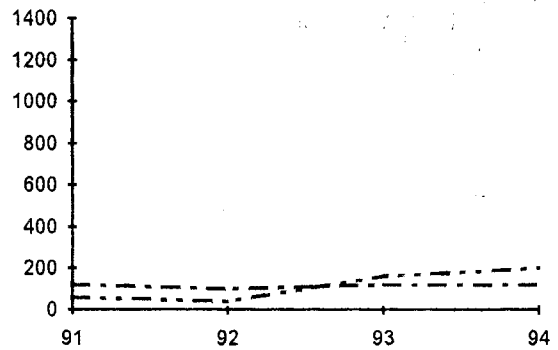


Рис.8. Заболеваемость новорожденных на 1000 родившихся по северо-западной зоне от г.Томска

Условные обозначения к рис.1- 8:

———— Зырянский район, - - - - - Асиновский район, .....  
 Первомайский район, - - - - - Бакcharский район, - - - - - Чаинский  
 район, ——— областной показатель, □ Российский показатель.

Анализ полученных данных свидетельствует, что на территорию, расположенную в северо-восточном направлении от Томска, возможно влияют предприятия г.Томска и Северска, поэтому среди населения отмечается такая заболеваемость. Линия выровненного ряда имеет более крутой подъем в северо-восточном направлении, чем в северо-западном (рис.1).

Эти данные подтверждаются работами многих исследователей: Адам А.М. Рихванов Л.П., Матковская Т.В., Ильинских Н.Н. и др.

Наиболее высокий подъем заболеваемости среди новорожденных регистрируется в северо-восточной зоне от Томска, чем в северо-западной.

Картина заболеваемости характеризует, что на жителей северо-восточной зоны влияют многочисленные неблагоприятные факторы внешнего воздействия, в том числе и радиация.

На основании проведенных исследований делаются следующие выводы:

1. Высокий уровень онкологической заболеваемости и болезней крови и кровяных органов свидетельствует о возможном влиянии на население, проживающего в северо-восточном направлении от Томска выбросов предприятий Томска и Северска.

2. Увеличение других групп заболеваний среди населения этого региона свидетельствует о возможном сочетанном воздействии различных факторов внешнего воздействия, в том числе и природный фактор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адам А.М., Рихванов Л.П. и другие. Экология северного промышленного края г.Томска: проблемы и решения.Томск:Изд-во ТГУ.,1994г.
2. Атмосферные загрязнения Томска и их влияние на здоровье населения/ И.Воробьева, М.А.Медведев, Л.П.Волкотруб, Н.В.Васильев. Томск: Изд-во ТГУ, 1992.-192с.
3. Гичев Ю.П. Здоровье человека как основной биоиндикатор в системе экологического мониторинга. Новосибирск,1994.
4. Гофман Джон. Чернобыльская авария:радиационные последствия для настоящего и будущих поколений. Мн.:Высш.шк.-1994.-574с.
5. Добровольский Л.А. Сочетанное действие малых доз облучения и других факторов в районах, пострадавших от аварии на ЧАЭС, как генетическая проблема //Итоги оценки медицинских последствий аварий на Чернобыльской АЭС: тез.докл.-Киев,1991,-С.65-66.
6. Ильинских Н.Н.,Адам А.М., Новицкий В.В., Ильинских Е.Н., Ильин С.Ю., Дрявцев Д.П. Мутагенные последствия радиационного загрязнения Сибири. Томск: Изд-во СГМУ, 1995.-253с.
7. Мишагин В.А. Поражение щитовидной железы в результате сочетанного воздействия радиационного и эндемического факторов. Пятигорск,1994.
8. Состояние окружающей Среды и здоровье населения в зоне влияния Сибирского химического комбината. Аналитический обзор научно-исследовательских отчетов. Составитель Рихванов Л.П. -Томск: Изд. ТПУ, 1994.-84с.

**ОНКО-ЭНДОКРИНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАСЕЛЕНИЯ,  
ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНЕ РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ  
ONCO-ENDOCRINOLOGY MONITORING OF POPULATION,  
LIVING IN THE DISTRICT OF RADIOACTIVE TRACE IN TOMSK REGION**

Соломатина Т.В., Васильева Т.Н.

Поликлиника профилактических осмотров, 634061, Россия, г.Томск,  
ул.Красноармейская, 68, Тел.: (382-2) 21-09-00 Факс: (382-2) 21-38-24

Проблема действия малых доз радиации остается одной из наиболее актуальных и трудных задач, что связано с тем, что биологический эффект облуче-

ния в малых дозах носит стохастический характер. Мировой опыт свидетельствует о росте заболеваемости населения, подвергшегося низкодозированному облучению, а именно эндокринной, онкологической, наследственной, психосоматической патологии. Авария на Сибирском химическом комбинате поставила перед органами здравоохранения задачи по изучению структуры заболеваемости населения в районе следа аварии.

Муниципальным предприятием "Поликлиника профилактических осмотров" г. Томска были обследованы группы детей, подростков и взрослого населения, проживающих в д. Филимоновка, д. Ново-Николаевка, д. Семеновка п. Комсомольск. Программа обследования включала сбор анамнеза, клинический осмотр, оценку эндокринного профиля щитовидной железы, проведено тестирование по 7 онкологическим маркерам методом ИФА с использованием наборов фирмы "Хоффман Ла Рош" (Швейцария), а именно:

АФП - альфа-фетопротеин - маркер гепатоцеллюлярного рака и эмбрионально-клеточного рака;

РЭА - раково-эмбриональный антиген - маркерами роста;

МСА - муциноподобный раковый антиген - маркер опухолей молочной железы;

ПСА - раковый антиген предстательной железы;

СА 125 - гликопротеин - избирательный маркер опухолевого поражения яичников;

СА 19-9 - карбогидратный антиген - является маркером злокачественных новообразований поджелудочной железы, желудка, кишечника, легких;

НСЕ - нейрон-специфическая енолаза - маркер диагностики и контроля за эффективностью лечения мелкоклеточным раком легкого, нейробластомы у детей, рака щитовидной железы.

Распределение обследованных из зоны расположения радиоактивного следа и в контрольной зоне (п. Калтай) представлены в табл.1

Таблица 1

Распределение обследованных по районам проживания

Населенный пункт	Детское население	Взрослое население
п.Филимоновка	31	44
п.Ново-Николаевка	28	59
п.Комсомольск	27	49
п.Семеновка	71	44
п.Калтай	80	18

Распределение обследованных по возрасту и полу выглядело следующим образом:

## Распределение обследованных по возрасту и полу

населенный пункт	Детское население		Взрослое население	
	до 7 лет	7л -15 л	15 л -40 л	старше 40
п.Филимоновка	3 / 2	18 / 4	21 / 3	20 / 4
п.Ново-Николаевка	3 / 0	11 / 6	30 / 7	24 / 6
п.Комсомольск	1 / 1	11 / 6	29 / 5	23 / 0
п.Семеновка	7 / 8	19 / 12	39 / 15	15 / 0
п.Калтай	5 / 6	26 / 23	25 / 7	6 / 0

Примечание: В числителе - женщины (девочки), в знаменателе - мужчины (мальчики).

## Результаты обследования

В результате клинического обследования врачом-эндокринологом установлено преобладание патологии щитовидной железы у детей и взрослых. Э.тиреоидное увеличение щитовидной железы I ст. выявлено у 35 (22%) детей, II ст. - у 12 детей (8%). Все случаи выявления патологии приходятся на школьный возраст, в равных соотношениях у мальчиков и девочек. В то же время в контрольной зоне п.Калтай выявлено подобное состояние (у 4 чел. (5%)). Среди взрослого населения превалировал аутоиммунный диффузный тиреоидит без нарушения функции щитовидной железы - 75 чел. (38%), в п.Калтай - 8 чел. (30%). Более подробно результаты клинического обследования представлены в табл. 3,4.

Таблица 3

## Структура выявленной патологии щитовидной железы у населения до 18 лет

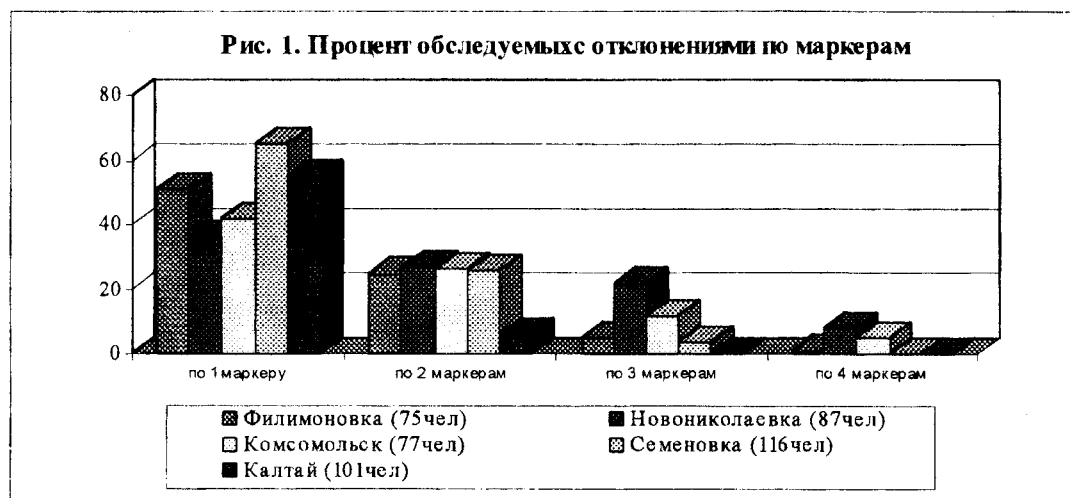
Выявленные клинические формы заболевания	Количество и процент выявленной патологии				
	п.Калтай	п.Филимоновка	п.Ново-Николаевка	п.Семеновка	п.Комсомольск
Диф. увел. щит. ж.					
- аутиреоз	8 (10%)	7(22.6%)	2 (7%)	19(26.8%)	7 (26%)
Диф. увел. щит. ж.					
- субкл. гип-оз	2 (2.5%)	6 (9.4%)		1 (1.5%)	2 (7%)
Диф. увел. щит. ж.					
- дистиреоз	3 (4 %)		1 (1.5%)		
Диф. увеличение щит. железы I ст.					
- гипертиреоз			1 (3.6%)		1 (3.7%)
Диф. увеличение щит. железы II ст.					
- аутиреоз	2 (2.5%)	4 (13 %)	2 (7%)	5 (7 %)	3(10.7%)
Диф. увеличение щит. железы II ст.					
- субкл. гипотиреоз	2 (2.5%)	4 (13 %)	1 (3.6%)		1 (3.7%)
Диф. увеличение щит. железы III ст.					
- дистиреоз	2 (2.5%)	1 (3%)		1 (1.5%);	
Диф. увеличение щит. железы III ст.					
- гипертиреоз		3 (9.7%)			
Аутоим. тиреоидит диф. I-II ст.			3(10.7%)	5 (7%)	(3.7%)
Ожирение			1 (3.6%)		

## Структура выявленной патологии щитовидной железы у населения старше 18 лет

Выявленные клинические формы заболевания	Количество и процент выявленной патологии				
	п.Калтай	п.Филимон.	п.Ново-Н.	п.Семен.	п.Комсом
Диф. увеличение щит. жел. I ст. эутиреоз	2 (11%)		1 (1.7%)	1 (2.5%)	2 (4%)
I ст. субкл. гип-оз	1 (5%)				2 (4%)
Диф. увеличение щит. жел. II ст. эутиреоз		4 (9%)	3 (5%)	1 (2.3%)	3 (6%)
Диф. увеличение щит. жел. II ст. субкл. гипотиреоз	1 (5%)			2 (4.5%)	1 (2%)
Аутоим. тиреодит диф. I-II ст.	8 (10%)	35 (79%)	1 (1.7%)	36 (82%)	3 (6%)
Аутоим. тиреодит узл. I-II ст.		3 (6.8%)		3 (6.8%)	3 (6%)
Ожирение		6 (13.6%)			

При анализе онкологических маркеров рассматривались их сочетания.

Распределение обследованного населения по онкомаркерам представлено на рис. 1.

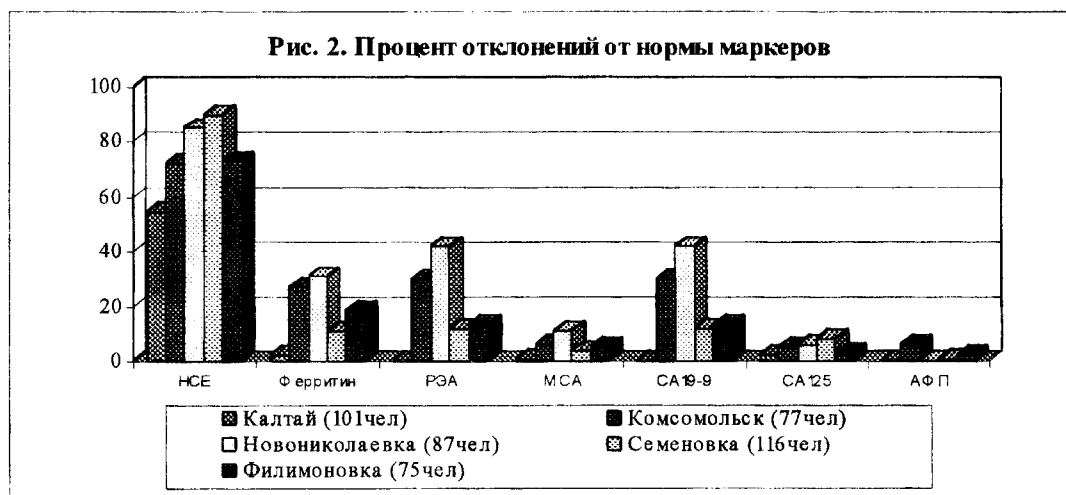


Как видно на гистограмме 1, около 50% обследованных имело отклонение по 1 маркеру, около 30% - по двум, около 30% - по трем. Причем практически у всех обследованных жителей п.Семеновка, у 80% обследованных п. Филимоновка были зарегистрированы отклонения в структуре онкомаркеров. Необходимо отметить также, что в контрольной зоне Калтая эти отклонения были зарегистрированы в отношении только одного какого-либо маркера, в то время как в Семеновке и Комсомольске до 1/3 обследованных имели повышение титра по 3 и более маркерам одновременно.

Выраженность отклонений уровня маркеров у обследованных разных населенных пунктов представлена на рис. 2. Из представленных на гистограмме результатов следует, что преимущественное число обследуемых (до 90%) имело



увеличение уровня НСЕ, в то время как в контрольной зоне п.Калтай этот маркер был обнаружен только у 30% обследованных.



Что касается других маркеров, то при отсутствии их диагностических титров у жителей Калтая, РЭА зарегистрирован у 42% обследуемых, МСА, СА19-9, СА 125 у 10-25% по данным населенным пунктам.

### Обсуждение

Результаты эндокринологического обследования свидетельствуют о достоверно более частом выявлении поражения щитовидной железы у жителей района радиационного следа. Данные нарушения представлены преимущественно в виде эутиреоидного увеличения щитовидной железы I-II ст. у детей, причем с задерживанием гипофиза у 10 человек (6,4 %) и в виде аутоиммунного тиреоидита у взрослого населения.

Что касается онкомаркеров, то в зоне радиационного следа их повышенный титр определялся практически у всех обследованных. Характерным являлось наличие отклонений по 2-3 маркерам у 1/3 из них. В структуре отклонений преобладал маркер поражения легких неопластического и воспалительного характера, что согласуется с данными обследования в Чернобыле и Байконуре.

Представленные результаты можно оценить как скрининговые. Они должны быть основополагающими в разработке дальнейшей программы проспективного наблюдения в зоне радиационного следа, как достаточно чувствительные, легко воспроизводимые, позволяющие в ходе массового обследования населения выявить доклинические отклонения в состоянии здоровья.

## ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ ИЗ ЗОНЫ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО СЛЕДА

### HEALTH OF CHILDREN FROM ZONE OF THE RADIOACTIVE AND CHEMICAL TRACE

Матковская Т.В., Ольховатенко Л.И., Каминская В.П., Богоряд А.В., Хорева С.А.

Каминский О.О., Адищева Н.И., Барабаш Н.А., Чекчеева В.Д., Цыганова М.П.,

Кровякова, Панчишина Л.О., Афанасьева Н.В.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия  
г.Томск, Московский тракт, 2, тел. (382-2) 23-12-06, 23-12-48

Вопрос о воздействии продуктов производства на организм ребенка, остается до сих пор неизученным (А.А.Гуськов и соавт., 1991, 1992 гг, А.И.Воробьев, 1992 И.Я.Васильенко, 1992 г.). Учитывая уникальную мощность предприятий комплекса СХК длительного функционирования (с 1953 г.) можно не сомневаться в масштабных экологических и биологических последствиях.

Эти эффекты будут иметь долговременный характер и прослеживаться в ряде поколений. В настоящее время растет III поколение детей, после начала работы СХК. Нами также было обследовано 213 детей в динамике 1993-1996 гг, из них 145 детей зоны радиационно-химического заражения и 73 ребенка контрольной группы.

Анализ в динамике показал увеличение жалоб на головную боль (с 22,2% до 52,2%), снижение памяти (с 2,1% до 32,2%), частые простудные заболевания с 1,85% до 13%) с увеличением длительности их течений, в 2 раза выросли жалобы на боли в животе, в 2,5 раза на запоры, в 3,5 раза на боли в сердце, в 1,5 раза на боли в костях, в 2,5 раза на боли в пояснице. Появились также жалобы на непереносимость холода у 9,6% детей, снижение слуха - у 3,%, и зрения - у 6,9%. Нарастают изменения со стороны внутренних органов, при объективном обследовании отмечались изменения со стороны кожи (24,3%), определялись кариозные зубы (28,5%). Поражение желудочно-кишечного тракта отмечалось у 100% детей, щитовидной железы - у 74,4% детей, причем у 11,1% признаки хронического тиреоидита, у 1 ребенка - гипоплазия левой доли и у 1 ребенка узел левой доли.

Обследование нервной системы выявило преобладание церебрально-асценического синдрома, синдрома вегетативной дистонии, у части детей снижение памяти и отставания в нервно-психическом развитии.

Обследования  $T_3$  и  $T_4$ . Последствия изменения: 1-5 раза чаще встречаемость низких уровней  $T_3$ , в 8,8 раза  $T_4$ , кортизол с высоких (у 25,25% детей) в 1993 - снизился до нормальных в 3 раза в 1995 г, а число детей с низким уровнем кортизола возросло в 2 раза. С годами растет число детей с более выраженными изменениями в эндокринной системе.

Физическая работоспособность снижена у школьников, особенно, у девочек всех возрастных групп (от 78% до 82,5%). Замедлен период восстановления после

физической нагрузки у половины девочек. При обследовании системы лактата пировуат малонового диальдегида (МДА) и ионов Са, выявлено достоверное снижение молочной кислоты и коэффициента лактат/пировуат у детей 13-15 лет по сравнению с контролем, повышение МДА и снижение ионов Са. Эти изменения свидетельствовали о нарушении окислительных процессов в мышечной ткани, повышении проницаемости клеточных мембран, что, возможно, является одной из причин снижения работоспособности детей.

Таблица 1.

	Заболевания	
1	Хронический эрозивный гастродуоденит	3
2	Хронический гастродуоденит, эзофагит	37
3	Хронический холецистит, панкреатит	17
4	Проктосигмоидит, сигмоидит	14
5	Дискинезия желчевыводящих путей	20
6	Дизбактериоз	26
7	Заболевания щитовидной железы	26
8	Хронический конъюнктивит, спирит	12
9	Блефорит, ангиопатии сетчатки	7
10	Поражение почек	16
11	ВСД по гипертоническому типу	9
12	ВСД по смешанному типу	8
13	Церебростенический, астено-невротический синдром, энцефалопатии	54
14	Задержка пубертатного и физического развития	10
15	Глистная инвазия	42
16	Отит	45
17	Хронический тонзиллит	45
18	Хронический фарингит	39
19	Аденоиды	8
20	Различные заболевания сердца	17
21	Дерматиты, стрептодермия, чесотка	6
22	Анемия	8
23	Врожденные аномалии	20
24	Заболевания половых органов	10

Анализ истории болезни за 1993-1995г по заболеваниям у детей показал 100% поражение желудочно-кишечного тракта и лор-органов, 79,4% - изменения со стороны нервной системы, 61,8% - глистной инвазии, 51,5% - врожденные аномалии развития (аномалии мочевого пузыря, сердца и др.), 38,2% - увеличение и заболевания щитовидной железы, 27,9% -поражение глаз, 25% - заболевания сердца, 25% - ВСД, 10,3% - поражения почек.

Таким образом, все дети в зоне радиационно-химических выбросов плутониевого производства имеют поражение желудочно-кишечного тракта, и большая часть детей - изменения нервной системы, эндокринных желез, врожденные аномалии развития, что указывает на значительное воздействие малых доз радиации в сочетании с химическими продуктами на организм ребенка в III поколении детей после начала работы СХК.

## ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС У ДЕТЕЙ ИЗ РАЙОНОВ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

THE OXIDATIVE STRESS OF CHILDRENS FROM RADIOACTIVE POLUTION REGIONS

Суханова Г.А., Федотова Т.В., Цыганкова М.П., Чекчеева В.Д.,

Петровская Ю.А., Зуева Т.В.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г. Томск

Оценка последствий действия облучения в малых дозах на человека представляет значительные трудности. Это связано с тем, что первичные или ранние изменения после облучения в организме обычно слабо выражены и отсутствуют специфические нарушения. После аварии на ЧАЭС через полтора года у 90% пострадавших выявлялся астенический синдром, субатрофический фарингит, у 50% обнаружена гиперхолестеринемия и гиперлипидемия (А.К.Гуськова, 1989; Ю.А.Александровский, Н.Д.Тронько, 1991). К отдаленным последствиям относятся снижение продолжительности жизни, злокачественные новообразования, эндокринные заболевания.

Среди пострadiaционных нарушений наиболее существенным является повреждение ДНК и нарушение структуры мембран клеток. Ведущая роль в формировании общего повреждающего воздействия радиации на организм принадлежит инициации процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), нарушению проницаемости мембран клеток. Накопление свободных радикалов и других токсических продуктов ПОЛ, образующихся в результате облучения, является причиной патологии беременных, приводит к развитию дисплазий и появлению желтухи новорожденных.

Нами было проведено обследование новорожденных и детей в возрасте 1 - 15 лет, проживающих в районах радиационного загрязнения местности в зоне влияния СХК. У них были выявлены значительные отклонения от показателей нормы и от группы контроля, в состав которой вошли дети из населенных пунктов вне зоны радиоактивного загрязнения. У детей изучали содержание малонового диальдегида (МДА), лактата и пирувата, ионов кальция, активность 5'-нуклеотидазы, каталазы, аминотрансфераз и показатели общего обмена (уровень общего белка, холестерин, билирубин, мочевины).

В группе новорожденных из населенных пунктов, входящих в зону радиационного загрязнения, у 16 из 26 выявлена внутриутробная гипоксия. В контрольной группе из 14 новорожденных детей внутриутробная гипоксия обнаружена лишь в

ном случае. В крови новорожденных из загрязненных районов содержание МДА было в 1,6 раза выше, а активность каталазы, препятствующей накоплению перекиси, составляло лишь 50% по отношению к контролю (табл. 1).

Таблица 1

Показатели окислительного стресса в сыворотке крови у новорожденных детей

	Контрольная группа (14)	Дети из районов радиационного загрязнения (26)
МДА (ммоль/л)	0,97 + 0,15	1,67 + 0,20
каталаза (мккат/л)	0,96 + 0,12	0,48 + 0,10

В скобках указано число обследованных.

Результаты этих исследований свидетельствуют о нарушении структуры мембран клеток и позволяют выявить состояние окислительного стресса у новорожденных.

Нарушение окислительных процессов, сопровождающееся активацией ПОЛ, было установлено также у детей от 1 до 15 лет. Самый высокий уровень МДА обнаружен у подростков 12-13 лет. В контрольной группе подростков из пос. Лоскутово этот показатель находился в пределах нормы  $2,8 + 0,3$ . В районах радиационного загрязнения он был повышен на 30 - 70% (табл. 2).

Таблица 2

Уровень малонового диальдегида в сыворотке крови у подростков

Населенные пункты	Содержание МДА (мкмоль/мл)	Достоверность (p)
Лоскутово (11)	$2,8 + 0,3$	
Самусь (16)	$4,9 + 0,6$	< 0,05
Георгиевка (10)	$3,5 + 0,4$	< 0,05
Наумовка (18)	$4,6 + 0,4$	< 0,05

В скобках указано число обследованных.

Повышенное содержание МДА приводит к увеличению проницаемости клеточных мембран, что может быть причиной бронхолегочных заболеваний, сопровождаемых воспалительными и аллергическими реакциями.

Кроме того, проведено скрининговое исследование изменения содержания пирувата и лактата в крови детей. С ноября 1994г. по март 1995г. обследовано 110 человек в возрасте от 5 до 15 лет, 70 детей проживали на территории повышенного риска воздействия радиации, из них 21 ребенок был обследован дополнительно во время лечения в стационаре.

В норме показатели содержания лактата и пирувата составляют  $1,35+0,35$  ммоль/л и  $0,07+0,02$  ммоль/л, соответственно. Необходимо отметить, что при скрининговом обследовании детей контрольной группы обнаружено снижение концентрации молочной кислоты на 27% и повышение уровня пировиноградной кисло-

ты на 12% по сравнению с референтными значениями, в связи с чем соотношение лактат/пируват (Л/П) изменилось с  $19,0 \pm 1,0$  до  $7,1 \pm 0,9$ . Установление интегрального соотношения Л/П более информативно, поскольку этот индекс показывает направление углеводного обмена в организме.

Максимально выраженные изменения состояния окислительных процессов в группах детей пос. Наумовка обнаружены у девочек 13-15 лет. Содержание лактата у них понижено по сравнению с группой контроля на 45%, а пирувата - на 18%, соответственно, индекс Л/П снизился на 37,4%. В этом возрасте происходит половое созревание и организм становится наиболее чувствительным к различным воздействиям. Наличие существенной разницы между девочками 13-15 лет из пос. Наумовка и группы контроля свидетельствует о том, что таким воздействием может быть радиоактивное загрязнение местности в зоне влияния Сибирского химкомбината. Известно, что облучение в малых дозах способно ингибировать гликолитические процессы, что приводит к угнетению образования молочной кислоты.

У детей, обследованных в стационаре, уровень пирувата в крови снижен еще более значительно, чем в общей группе детей пос. Наумовка. Увеличение индекса Л/П при пониженном содержании пирувата может быть причиной нарушения процессов оксигенации и кровоснабжения мышц. Определенный вклад в нарушение мышечной деятельности обследованных детей, проживающих в условиях хронического влияния малых доз радиации, могут внести выявленные у большинства из них дисфункции вегетативной нервной системы: церебростенический синдром и вегето-сосудистая дистония.

У детей пос. Наумовка, находящихся в стационаре, отмечено снижение уровня общего кальция в сыворотке крови до  $2,18 \pm 0,02$  ммоль/л, что на 21% ниже, чем в норме. Достоверных изменений в показателях общего обмена и активности трансаминаз сыворотки крови у этих детей не обнаружено. Вероятно, определенный вклад в снижение мышечной активности детей вносит уменьшение ионов кальция, являющегося вторичным мессенджером в процессе электромеханического сопряжения мышц. Снижение концентрации свободного кальция в сыворотке крови также, как увеличение индекса Л/П может проявляться в угнетении мышечной активности детей и их повышенной утомляемости как результат нарушения окислительных процессов.

О признаках окислительного стресса у этих детей свидетельствует также повышение содержания МДА - конечного продукта перекисного окисления липидов клеточных мембран, и активности 5'-нуклеотидазы - маркера плазматических мембран. Кроме того, повышенный уровень малонового диальдегида и увеличение активности 5'-нуклеотидазы являются признаками повреждения структуры мембра-

сеток и увеличения их проницаемости. Эти показатели служат биохимическими индикаторами действия облучения на организм.

Таким образом, при обследовании детей из радиационно неблагополучных районов обнаружены нарушения в системе лактат-пируват-свободный кальций, а также изменения содержания малонового диальдегида, активности каталазы и 5'-нуклеотидазы, свидетельствующие о нарушении окислительных процессов в организме, увеличении проницаемости мембран клеток, сдвиге метаболизма в катаболическую сторону, активации процессов дегенерации клеток. Биохимическая индикация повреждений после воздействия радиации позволяет контролировать состояние детей из районов экологического риска.

### **ЗДОРОВЬЕ И ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕТЕЙ, ЖИВУЩИХ В ЗОНЕ РАДИАЦИОННОГО ХИМИЧЕСКОГО СЛЕДА**

#### **HEALTH AND PHYSICAL WORKING CAPACITY OF THE CHILDREN LIVING IN ZONE OF THE RADIOACTIVE AND CHEMICAL TRACE**

Чекчеева В.Д., Матковская Т.В., Суханова Г.А., Федотова Т.В.,  
Афанасьева Н.В., Зуева Т.В.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
г. Томск, Московский тракт, 2, тел. (382-2) 23-12-06, 23-12-48

Воздействие малых доз радиации и сопутствующих химических веществ плутониевого производства на изменение здоровья и работоспособности детей в динамике жизни изучено недостаточно. Исследования в зоне Чернобыльской аварии, Алтайском крае выявили у детей наличие слабости, утомляемости, угнетения функциональных возможностей, ухудшения зрительной работоспособности, увеличения частоты хронических заболеваний. (Е.И. Степанова и соавт.1991; Г.И. Веренич,1991; Н.Н. Каладзе и соавт.1991; А.М. Зайцах и соавт.1991; Л.И. Пономаренко и соавт.,1993).

В динамике 1994-1996гг после аварии 6 апреля 1993г на СХК было осмотрено 157 школьников, из них 117 из п. Наумовка, п. Георгиевка, п. Надежда (радиационно-химический след) и 40 школьников из п. Мирный (контрольная группа).

Оценивались показатели анамнеза, объективных данных с определением групп здоровья, физического развития с оценкой полового созревания по баллам (М.В. Максимова и др.1977г), физической работоспособности (PWC 170 методом степ-теста по модифицированной формуле В.Л. Карпмана, 1969). В первой возраст-



ной группе у части школьников проводилась проба Руфье для оценки физической работоспособности. Определялись показатели состояния клеточных мембран и системы лактат-пируват, ионов Са.

Таблица 1

Распределение детей по возрасту и полу представлено в таблице 1

	1 гр 7-10 лет		2 гр 11-14 лет		3 гр старше 14 лет	
	м	д	м	д	м	д
п. Наумовка	16	16	29	24	15	17
п. Мирный	12	3	10	5	3	7

Наиболее часто дети из зоны радиационно-химического следа предъявляли жалобы на головную боль, головокружение, слабость, утомляемость, нарушение сна боли в животе. Поражение желудочно-кишечного тракта выявились у 100% детей лор органов 98%, нервной системы 52,8%, увеличения щитовидной железы 78%. Все дети принадлежали к III-IV группам здоровья, в то же время из I и II групп здоровья не было ни одного ребенка. В контрольной группе школьников чаще встречались I-II и реже III группы, отсутствовала IV.

Половое развитие девочек соответствовало возрасту у 38 школьниц- 66,7% задержка полового развития у школьниц- 33,3%. Можно отметить задержку на 1-2 года установление менструального цикла в зоне радиационно-химического следа. Задержка полового развития отмечалась у 18,6% из 60 мальчиков. Данные по задержке полового развития школьников представлены в табл. 2.

Таблица 2

Задержка полового развития школьников п. Наумовка, %

	I гр.	II гр.	III гр.
мальчики	-	20,7%	33,3%
девочки	-	45,8%	41,2%

Данные физического развития представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физическое развитие школьников (в %) из зоны радиационно-химического следа в зависимости от возраста и пола.

	I гр		II гр		III гр	
	м	д	м	д	м	д
ниже среднего	6,7	20	17,3	18,7	6,7	11,8
выше среднего	6,7	6,7	-	4,2	20	-

Как видно из таблицы 3 наибольшее отставание в физическом развитии отмечалось у девочек I группы и у девочек и мальчиков II возрастной группы.

Таблица 4

Показатели сниженной физической работоспособности (в %) школьников в зависимости от возраста и пола.

	PWC 170					
	I гр		II гр		III гр	
	м	д	м	д	м	д
п. Наумовка	37,5	82,3	20,6	78,1	-	82,5
п. Мирный	-	25	20	60	-	85,7

Как видно из таблицы 4 число детей с низким уровнем работоспособности отмечалось в I основной группе детей и у девочек II и III группы.

Таблица 5

Данные замедления периода восстановления школьников в зависимости от возраста и пола, %.

	I гр		II гр		III гр	
	м	д	м	д	м	д
п. Наумовка	18,7	56	20,6	50	26,6	52,5
п. Мирный	-	-	-	60	-	42,8

Анализ этих данных показал замедление восстановления функций организма у детей основной группы, и у девочек II и III групп из п. Мирного.

Преходящая синусовая аритмия сердечной деятельности развилась у двух детей в периоде восстановления.

Выявлено достоверное снижение содержания молочной кислоты ( $0,54 \pm 0,09$  ммоль/л, в контроле  $0,98 \pm 0,10$  ммоль/л) и коэффициента лактат-пируват (соответственно  $6,7 \pm 0,2$  и  $10,7 \pm 0,9$ ) у девочек в III возрастной группе в зоне радиационно-химического следа.

Достоверных различий по содержанию пировиноградной кислоты у школьников в группах не выявлено. Найдено повышение содержания МДА, снижение ионов Са в крови у детей в зоне радиационно-химического следа. Обнаруженные изменения в системе лактат-пируват, наряду с нарушением содержания малонового альдегида и ионов Са, свидетельствуют о нарушении окислительных процессов в мышечной ткани и повышении проницаемости мембран клеток, что может являться одной из причин повышенной утомляемости у детей.

Таким образом, у школьников в зоне радиационно-химического следа отмечалось снижение состояния здоровья, у части детей физического развития и полового созревания, замедление периода восстановления функций, у большей части девочек снижение физической работоспособности, а также нарушение окислительных процессов в мышечной ткани, повышение проницаемости клеточных мембран.

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН НОВОРОЖДЕННЫХ В ЗОНАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ.

STATE OF HEALTH AND BIOCHEMICAL INDICES OF CELLULAR MEMBRANES IN NEWBORNS FROM ECOLOGICALLY UNFAVOURABLE ZONES.

Цыганкова М.П., Матковская Т.В., Суханова Г.А.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
г. Томск, Московский тракт, 2, тел. (382-2) 23-12-48, 23-12-06

Известно, что состояние здоровья беременных женщин и новорожденных формируется под действием ряда биологических, социально-экономических, экологических факторов (Г.И. Лазюк и соавт., 1993г).

В районах экологического неблагополучия основное значение имеет действие радиационного и химического факторов. Облучение в малых дозах вызывает осложненное течение беременности у женщин и врожденные аномалии у плода (И.А. Кириллова и соавт., 1990г). Под влиянием радиации организм становится более чувствительным к химическим, инфекционным воздействиям. В настоящей работе приводятся данные о состоянии здоровья новорожденных, родители которых проживают в 30 километровой зоне влияния СХК. Особенностью этой территории являются радиационно-химические загрязнения, связанные с функционированием плутониевого производства.

Наиболее чувствительной к действию ионизирующего излучения в малых дозах является структура мембран клеток. В диапазоне доз 0,1-30сГр наблюдается активация перекисного окисления липидов. Накопление продуктов при этом возрастает с уменьшением дозы радиации (Е.Б. Бурлакова, 1994г). В процессе перекисного окисления липидов, входящих в состав клеточных мембран, накапливаются токсические продукты: свободные радикалы, перекиси, малоновый диальдегид (МДА), что приводит к нарушению проницаемости и гибели клеток (С.П. Ярмоненк 1988; О.Е. Колесова и соавт., 1984). Структура и функциональная активность мембран зависит от антиоксидантных систем организма, к которым относят витамин Е ферменты, зависящие от губительного действия перекисей: каталаза, глутатионпероксидаза (Т.Т. Березов и соавт., 1982, А.Хорст, 1982).

Обследовано 84 новорожденных в возрасте 1-х суток, из них 36 детей из экологически неблагоприятных районов и 48 детей контрольной группы. Экологически неблагоприятные районы были определены по исследованиям Л.П.Рихванова. Новорожденные исследовались по следующим показателям: анамнез, физическое и нервно-психическое развитие, объективные данные осмотра, общий анализ крови

Кроме того, в пуповинной крови новорожденных изучали содержание МДА (Ю.А. Владимирова, 1972) и активность каталазы спектрофотометрическим методом (М.А. Королук и соавт., 1988).

В анамнезе беременных женщин из экологически неблагоприятных районов отмечался более высокий процент выкидышей (14%), угроза прерывания данной беременности (54%), внутриутробных гипоксий (41%), гестозов беременных (40%) по сравнению с контролем (соответственно 6%, 36%, 10%, 20%). Достоверной разницы встречаемости анемий беременных не было найдено (27% и 25%). При анализе распределения групп здоровья новорожденных было найдено, что I группа здоровья среди них не встречалась. В экологически неблагоприятных районах группа здоровья IIA определялась у 60%, IIB-у 30%, III-10%, в относительно "чистых" районах, соответственно 59%, 35%, 6%.

При изучении показателей перекисного окисления липидов установлено, что более высокий уровень МДА отмечался у детей из экологически неблагоприятных районов ( $1,67 \pm 0,3$  ммоль/л) по сравнению с контрольными районами ( $0,97 \pm 0,08$  ммоль/л). Активность каталазы, фермента антиоксидантной защиты клетки, у детей из неблагополучных районов была в два раза ниже, чем в контроле, соответственно  $48 \pm 0,06$  мккат/л.

Отсутствие достоверной разницы при определении групп здоровья, вероятно, еще не является показателем отсутствия неблагоприятного влияния радиационно-химического воздействия на новорожденного. Данные исследования подчеркивают, что имеются изменения более чувствительных структур организма - клеточных мембран. Повышение содержания МДА является индикатором повреждения мембран клеток и увеличения их проницаемости. Низкая активность каталазы способствует накоплению неорганических перекисей и угнетению антиоксидантных механизмов. Активация перекисного окисления липидов и снижение антиоксидантных свойств мембран характеризует более высокую чувствительность организма к повреждающим воздействиям и предрасположенность к заболеваниям (О.Е. Колесова и соавт., 1984). Выявленные изменения указывают на предболезнь на клеточно-биохимическом уровне. Это позволяет нам прогнозировать возможность развития болезни у этих детей. Дальнейший катамнез у которых через 1-2 года, возможно подтвердит данное предположение.

Таким образом, более высокий процент патологии беременных, изменение перекисного окисления свидетельствуют о воздействии неблагоприятных факторов на здоровье новорожденных в экологически неблагополучных районах.

# КЛИНИКО-ГОРМОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ДЕТЕЙ ИЗ ЗОНЫ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО СЛЕДА.

## CLINICAL AND HORMONAL INDICES IN CHILDREN FROM ZONE OF THE RADIOACTIVE AND CHEMICAL TRACE

Каминский О.О., Гужихина Е.Е., Каминская В.П.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
г.Томск, Московский тракт, 2, тел. (382-2) 23-12-48, 23-12-06

Клиника и диагностика острой и хронической лучевой болезни изучена достаточно хорошо, в то время, как вопрос о воздействии на эндокринную систему у детей малых доз радиации и сопутствующих веществ остается неизученным (В.Г. Бабенко и соавт., 1991; Д.А. Торубарова, 1991; А.К. Чебан и соавт., 1991; А.К. Гуськов, 1992, И.Я. Василенко, 1992).

Нами обследовано 172 школьника в возрасте 7-17 лет из зоны радиационно-химического следа (п. Наумовка, п. Георгиевка, п. Надежда) и 70 детей контрольной группы (п. Мирный). Группы по возрасту и полу сопоставимы.

Методы исследования: первичный осмотр детей из зоны радиационно-химического следа был проведен на месте, часть детей были обследованы в детской больнице 3 (анамнестические, общеклинические методы, включающие УЗИ органов, фиброгастроскопию, ректороманоскопию, консультации эндокринолога, гинеколога, окулиста). Функция щитовидной железы и коры надпочечников изучалась при помощи радиоиммунных исследований (определялся уровень Т3, Т4, кортизола). Исследования проводились в динамике: ежегодно в течение 1993-96 годов в осенне-зимний период.

Анализ жалоб, предъявляемых детьми из зоны радиационно-химического следа представлен в таблице 1.

Из жалоб, предъявляемых детьми из зоны радиационно-химического следа преобладали головная боль, головокружение, утомляемость, снижение памяти, боль в животе, диспептические расстройства, боль в сердце, непереносимость холода. В динамике наблюдения отмечается рост жалоб на головную боль (соответственно по годам 22,2% - 43,6% - 52,2%), утомляемость (18,5% - 22,6% - 24,3%), снижение памяти (2,8% - 15% - 32,2%), непереносимость холода (0% - 0,75% - 9,6%), частые простудные заболевания (1,85% - 4,5% - 13%), боль в животе (20,3% - 31,6% - 54,8%), запоры (4,6% - 9% - 13,9%), боль в сердце (2,8% - 9% - 18,3%).

В контрольной группе отмечались жалобы на головную боль, утомляемость, сонливость, но процент их был значительно ниже, а таких жалоб, как непереносимость холода, мышечная слабость, судороги, не было.

Таблица 1.

Анализ жалоб детей

Жалобы	из зоны радиационно-химического следа			пос. Мирный п-70
	1993-94гг., п-108	1994-95гг., п-133.	1995-96гг., п-115.	
Головная боль	24(22,2%)	58(43,6%)	60(52,2%)	13(18,6%)
Головокружение	19(17,6%)	9(6,8%)	21(18,3%)	-
Снижение памяти	3(2,8%)	20(15%)	37(32,2%)	1(1,4%)
Утомляемость	20(18,5%)	34(25,6%)	28(24,3%)	1(1,4%)
Мышечная слабость, судороги	2(1,85%)	-	7(6,1%)	-
Непереносимость холода	-	1(0,75%)	11(9,6%)	-
Повышенная кровоточивость	3(2,8%)	4(3%)	5(4,3%)	-
Частые простудные заболевания	2(1,85%)	6(4,5%)	15(13%)	2(2,8%)
Длительное течение заболеваний	2(1,85%)	-	8(6,9%)	1(1,4%)
Боль в животе	22(20,3%)	42(31,6%)	63(54,8%)	17(24,3%)
Запоры	5(4,6%)	12(9%)	16(13,9%)	-
Жидкий стул	24(35,3%)	6(4,5%)	8(6,9%)	1(1,4%)
Боль в сердце	3(2,8%)	9(9%)	21(18,3%)	3(4,2%)
Боль в костях и суставах	4(3,7%)	7(5,3%)	6(5,2%)	1(1,4%)
Боль в пояснице	2(1,85%)	5(3,8%)	5(4,3%)	1(1,4%)
Снижение слуха	-	-	4(3,5%)	-
Снижение зрения	-	1(0,75%)	8(6,9%)	1(1,4%)
Снижение аппетита	5(4,6%)	21(15,8%)	14(11,3%)	1(1,4%)

В 1995-96гг. при объективном обследовании детей из зоны радиационно-химического следа отмечалось увеличение периферических лимфатических узлов до III-IV степени у 62% детей (17,1%), изменения со стороны кожи у 58,3% (24,3%), слизистых - у 47,8% (5,7%), боль в животе - у 56,5% (14,3%), положительные пузырьчатые симптомы - у 21,7% (7,1%), нарушение осанки - 39,1% (24,3%), кариозные зубы - 38,3% (28,5%), приглушенность сердечных тонов - 31,3% (22,8%), систолический шум - 47,8% (8,6%), увеличение печени - 31,3% (4,3%), нарушение питания - 25,2% (27%), положительный симптом поколачивания (Пастернацкого) - 16,5% (1,4%) значительно чаще, чем в контрольной группе.

Все дети из основной группы по состоянию здоровья были отнесены к III и IV группам.

УЗИ щитовидной железы в I и II месяце 1996 года проведено 117 детям. Из них диффузное увеличение было отмечено у 87 детей (74,4%), признаки хронического тиреоидита у 13 (11,1%), гипоплазия левой доли у 1 (0,85%), узел левой доли у 1 (0,85%).

Анализ показателей гормонов щитовидной железы и надпочечников представлен в таблице 2.

Таблица 2

показатели	Т3			Т4			кортизол		
	норма	низкие	высок.	норма	низкие	выс.	норм.	низк.	выс.
	Основная группа								
II, 1994	40%	6,6%	53,4%	26%	8,8%	65,2	68,3	6,5	25,2
I-II, 1995	64%	6,6%	29,4%	98,8%	-	1,2%	78,9	13,5	7,5
	Контрольная группа								
I-II, 1995	54,3%	1,4%	44,3%	98,6%	-	1,4%	84,3	5,7	10,5

В зоне радиационно-химического следа в 5 раз чаще встречаются низкие показатели Т3, снижения же Т4 в контрольной группе ни у одного не было, в то время как у детей зоны радиационного следа было у 8,8%.

После взрыва у 53,4% детей уровень Т3 и у 65,2% детей Т4 был снижен. В последующем отмечалось снижение у 24% детей Т3 и у 64% - Т4 до нормальных цифр (через 1-1,5 года) у большинства детей из зоны радиационно-химического следа.

Таким образом, у детей из зоны радиационно-химического следа отмечается в динамике рост жалоб на головную боль, снижение памяти, утомляемость, непереносимость холода, частые простудные заболевания, боль в животе, запоры, боль в сердце, а также нарастание поражения щитовидной железы и коры надпочечников



# ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ЖЕЛТУХ НОВОРОЖДЕННЫХ ИЗ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ

## PECULIARITIES OF CLINICAL COURSE OF JAUNDICE IN NEWBORNS FROM ECOLOGICALLY UNFAVOURABLE ZONES

Матковская Т.В., Цыганкова М.П., Советова В.И., Афанасьева Н.В.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
г.Томск, Московский тракт, 2, тел. (382-2) 23-12-06, 23-12-48

За 1994 -1995 г.г. было проанализировано 724 истории болезни новорожденных, поступающих в стационар детской больницы № 1, из них у 170 детей была желтуха. За 1994 г. 89 (24%) детей из 368, за 1995 - 81 (23%) ребенка из 356. Помесячный анализ историй болезни показал синхронное увеличение числа желтух в апреле, июне, октябре в различные годы, однако в 1994 г. эти подъемы были более выраженные с апреля по октябрь.

На рис. 1 представлены данные заболеваемости желтухами в зависимости от месяца в 1994, 1995 гг.

Более подробный анализ течения желтух был проведен у 37 детей. Из них 23 ребенка из районов области. Анализ историй болезни показал, что основное количество детей поступили с перинатальным поражением ЦНС и сопутствующей желтухой. Все желтухи были конъюгационными. Длительность желтух определялась от 13 дней до 28 дней, причем наиболее часто встречалась субиктеричность кожных покровов и только в 7 случаях иктеричность.

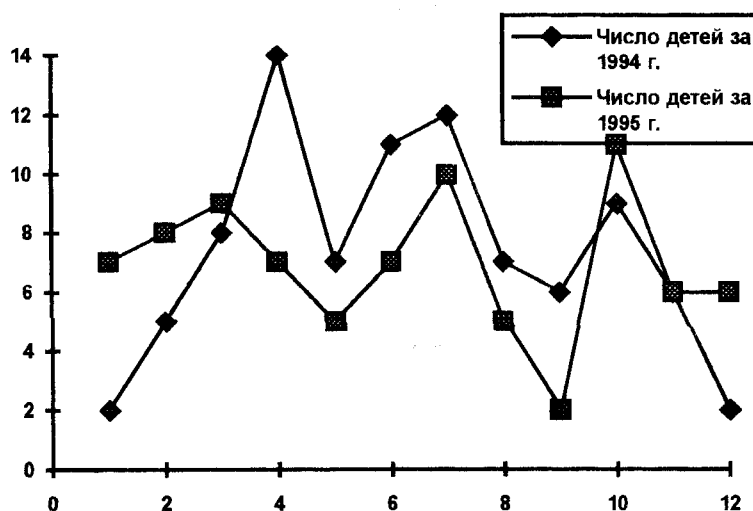


Рис. 1. Зависимость частоты поступления желтух от месяца года.

При поступлении у новорожденных гемоглобин был  $210,5 \pm 8,8$  г/л, при выписке снижался до  $155,4 \pm 6,4$  г/л. Билирубин общий при поступлении  $137,9 \pm 39,3$

мк.моль/л., при выписке снижался до 33,1 г. причем преобладал непрямой билирубин. Анализы на внутриутробную инфекцию были положительные только в одном случае.

Наиболее тяжелые поражения нервной системы в сочетании с желтухами встречается в пос. Поросино, Самусь, Светлый.

Таким образом, предварительный анализ показал наибольшее поступление желтух новорожденных в апрель, июль, октябрь 1994-95 гг. и наиболее тяжелое течение их из неблагополучных районов.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА У ЛИЦ ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

**THE RESULTS OF THE CYTOGENETIC ANALYSIS OF THE PEOPLE LIVING  
IN THE RANGE OF THE SIBERIAN CHEMICAL PLANT INFLUENCE**

**Ильинских Н.Н., Иванчук И.И., Rogozin E.A.**

**Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
Томск-50, а/я 808.**

6 апреля 1993 года вблизи от г.Томска на радиохимическом заводе Сибирского химического комбината (СХК) произошла авария, в результате которой около 200 кв.км территории были загрязнены радионуклидами. Наибольший уровень радиации вне территории комбината достигал 400 мкР/час. Особую опасность представляло выпадение радионуклида плутония-239, кроме того, зафиксированы следы цезия-137 и кобальта-60. В зону радиоактивного следа попали 4 населенных пункта Наумовка, Самусь, Георгиевка и Черная Речка,

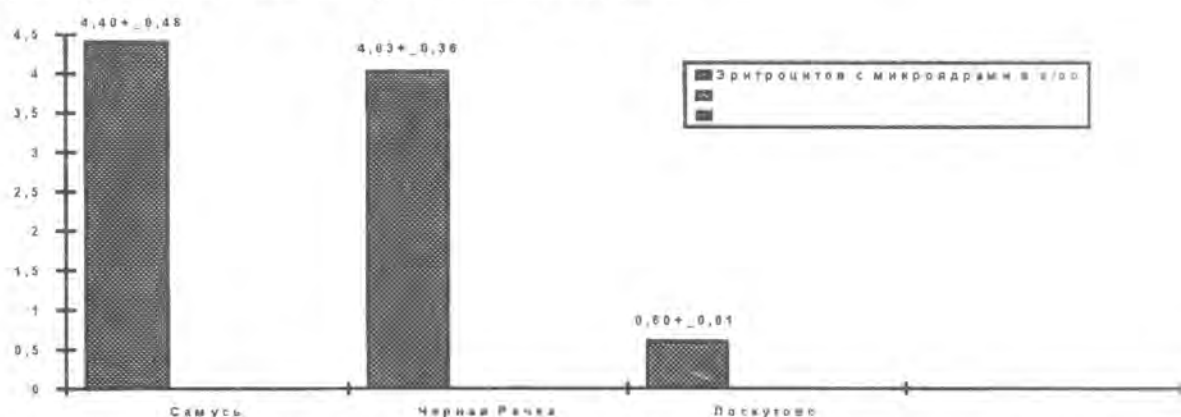
Цель настоящего исследования - оценка уровня цитогенетически измененных клеток с использованием микроядерного теста у значительного контингента населения подвергшегося облучению в зоне радиационного загрязнения около СХК.

Скрининг уровня цитогенетически измененных клеток проведен микроядерным тестом. Микроядерный тест, в отличие от хромосомного анализа, позволяет оценивать уровень цитогенетически измененных клеток у значительного контингента населения за сравнительно небольшой промежуток времени (Ilyinskikh et al., 1995). Имеются попытки оценить дозы облучения человека на основе анализа уровня лимфоцитов с микроядрами (Fenech et al., 1986; Almasy et al., 1987; Prosser et al., 1989; Jittlefield et al., 1989).

Контингент обследуемых составили люди разных профессий и возраста. В пос. Самусь проведен многократный забор крови (через 3-5 суток, через 0,5 года, через 1, 1,5 и 2 года после аварии на СХК) у более чем 250 школьников и учителей местной школы. Кроме того, нами проведен анализ уровня эритроцитов с микроядрами в крови взрослого рабочего населения этого поселка: у 45 работников плавсо-става, 56 работников судостроительного завода и 120 здоровых доноров, постоянно сдающих кровь на станции переливания крови. В пос. Наумовка проведено микро-ядерное тестирование как эритроцитов, так и Т-лимфоцитов крови у 86 детей и под-ростков и 34 взрослых жителей. В пос. Георгиевка анализ эритроцитов с микрояд-рами проведен у 16 взрослых жителей и 6 детей, а в пос. Черная Речка обследовано 59 человек различного возраста. Для контроля использована кровь полученная от 127 жителей пос. Лоскутово, не попавшего в зону радиационного загрязнения (расположен южнее г. Томска), тех же возрастных категорий, что и в выше перечисле-нных населенных пунктах. Для сравнения нами привлечен материал аналогично-го обследования 58 человек, принимавших участие в ликвидации последствий ава-рии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС). Забор крови и пригото-вление препаратов для микроядерного анализа проводились в стандартных условиях. У каждого индивидуума анализировали не менее 10000 эритроцитов и 1000 Т-лимфоцитов. Приготовление препаратов, их окраска, основные критерии оценки уровня клеток с микроядрами были стандартными (Fenech et al., 1986; Almasy et al. 1987) и не отличались от ранее изложенного (Ilyinskikh et al., 1992).

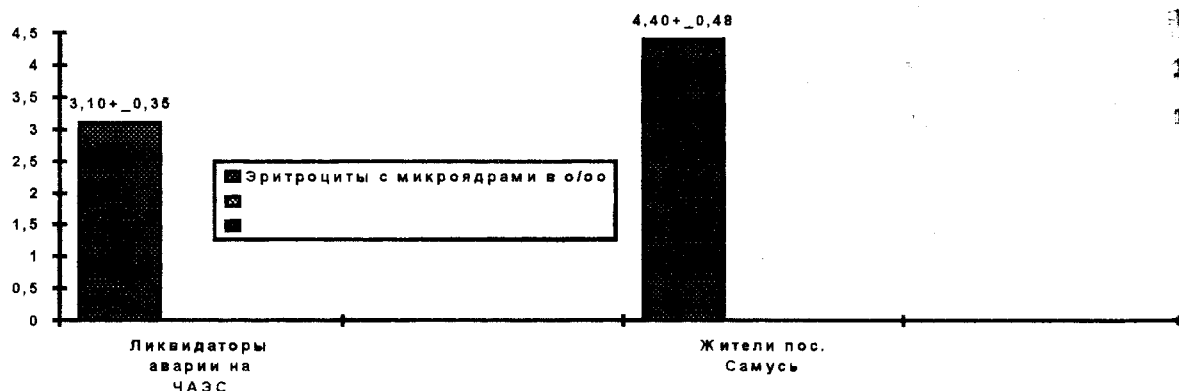
#### **Анализ уровня эритроцитов с микроядрами.**

Проведенные обследования свидетельствуют, что уровень эритроцитов с микроядрами в крови жителей поселка Лоскутово составляет  $0,60 \pm 0,01\%$  (см. рис. 1), а число эритроцитов с микроядрами в крови жителей пос. Самусь и Черная Речка достоверно превышает эти контрольные показатели.



**Рис. 1.** Уровень эритроцитов с микроядрами в крови жителей различных населенных пунктов, подвергнутых радиационному воздействию в результате аварии на СХК.

Из данных, представленных на рис. 2, следует, что уровень эритроцитов с микроядрами у жителей пос. Самусь был таким же или даже выше, чем у ликвидаторов аварии на Чернобыльской атомной электростанции, что является, по-видимому, свидетельством воздействия мощного мутагенного фактора на жителей этого населенного пункта.



**Рис. 2.** Уровень эритроцитов с микроядрами в крови ликвидаторов аварии на ЧАЭС и жителей пос. Самусь.

Особый интерес, с нашей точки зрения, представляют данные скрининга уровня эритроцитов с микроядрами у школьников пос. Самусь, проведенного на протяжении двух лет (рис.3).

Первый забор крови на микроядерный анализ проведен на 3-5 сутки после аварии на СХК. Очевидно, что формирование значительного числа эритроидных клеток с микроядрами под влиянием радионуклидов за такой короткий промежуток времени (3-5 суток) в крови обследованных людей еще не успело произойти. И действительно, полученные данные показывают, что уровень эритроцитов с микроядрами у этой группы обследованных людей не отличался от контрольных показателей. Особенно существенное увеличение числа эритроцитов с микроядрами наблюдалось через 0,5 года после аварии. Анализ уровня эритроцитов с микроядрами через год у тех же лиц показал, что регистрируемый показатель существенно снизился. В тоже время следует отметить, что достоверное возрастание частоты цитогенетически aberrантных клеток в крови наблюдалось только у 78,7 % обследованных школьников. Анализ места жительства этих школьников показал, что, в основном, они жили в южной части поселка, наиболее приближенной к месту аварии.

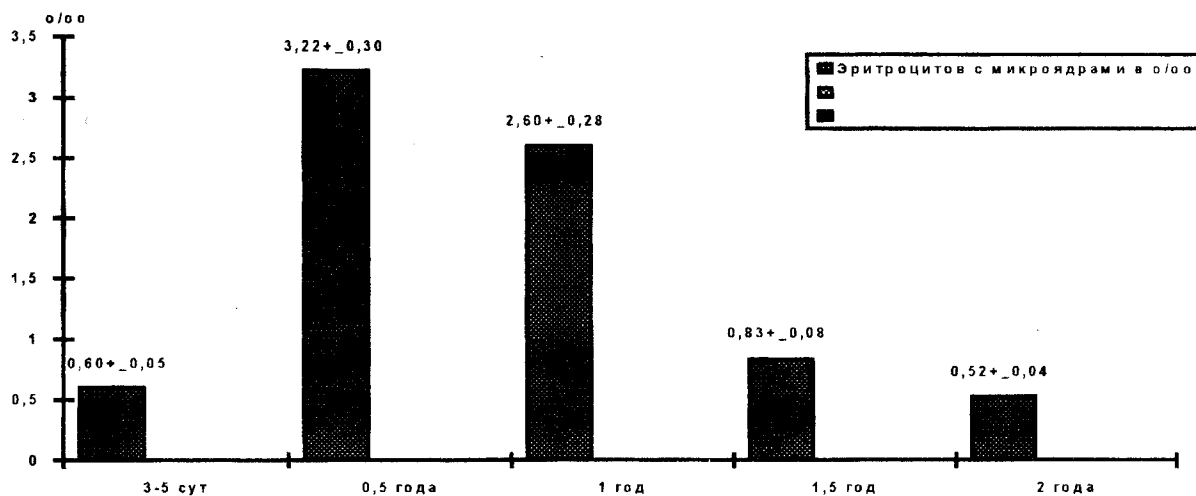


Рис. 3. Уровень эритроцитов с микроядрами в крови школьников пос. Самусь через 5 суток и 0,5; 1; 1,5 и 2 года после аварии на СХК.

Кроме того, проведенные нами исследования, со всей очевидностью показывают, что уровень эритроцитов с микроядрами у взрослых жителей пос. Самусь было достоверно выше, чем у детей (рис. 4.).

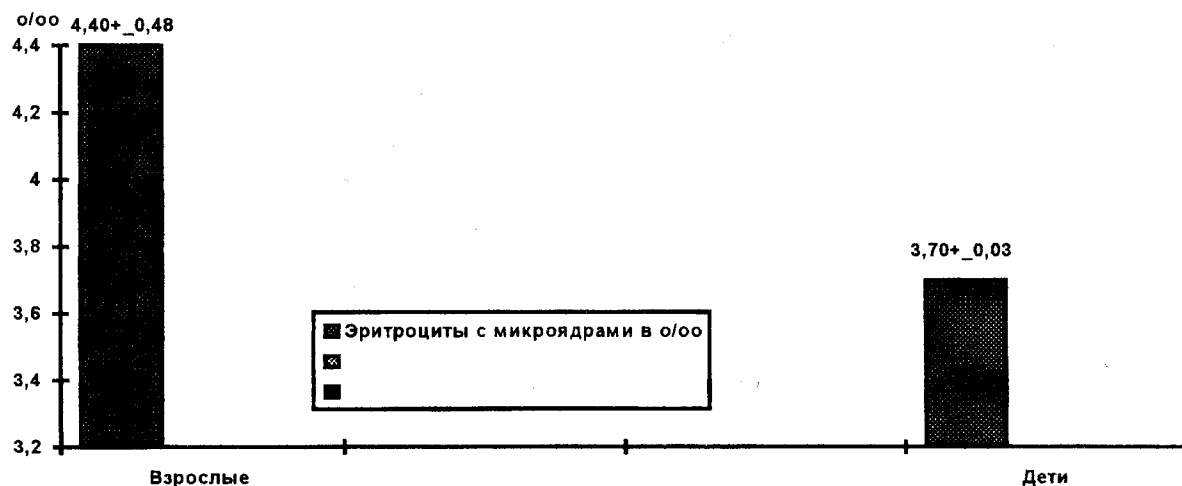
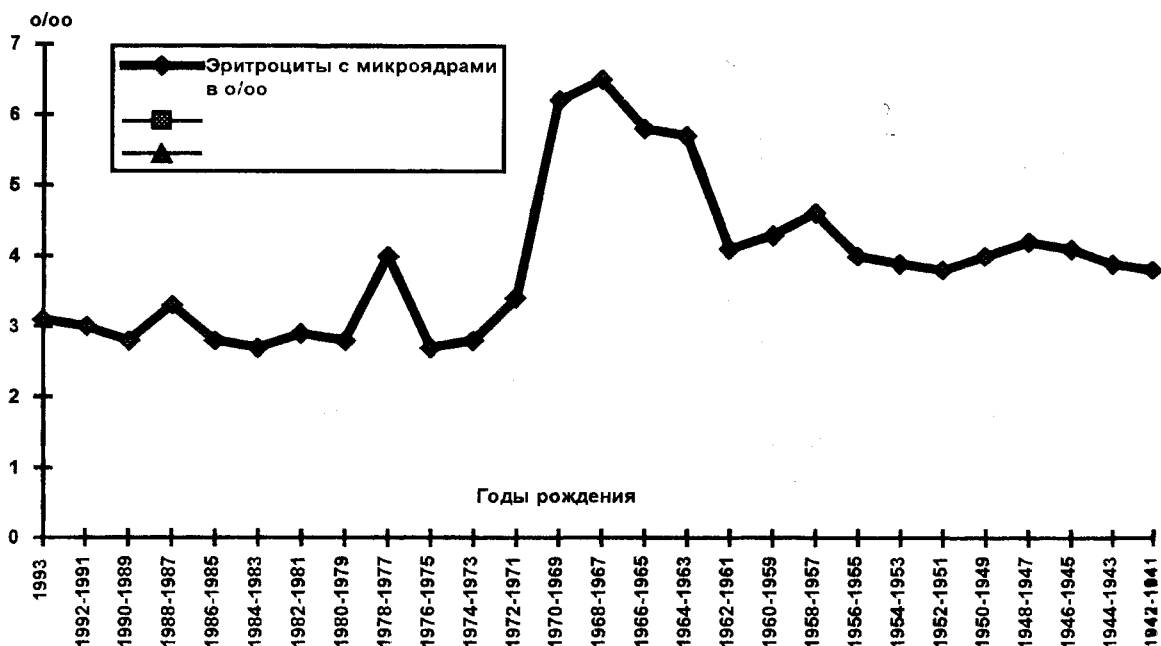


Рис. 4. Уровень эритроцитов с микроядрами в крови взрослых и детей в пос. Самусь.

В связи с явными различиями в уровне эритроцитов с микроядрами у лиц разного возраста нами проведен анализ этого показателя в зависимости от года рождения обследуемого человека (рис. 5).



**Рис. 5.** Уровень эритроцитов с микроядрами в крови жителей пос. Самусь в зависимости от года рождения.

Как видно из приведенных данных, у людей, рожденных в период с 1963 по 1970 годы отмечается особенно значительный уровень эритроцитов с микроядрами. "Пик" этого показателя был отмечен для лиц, рожденных в 1967-1968 году. Наши предыдущие исследования (Ильинских Н.Н. и др., 1992), показали, что облучение инкорпорацией в пренатальный (дородовой) период вызывает поражение стволовых эритроидных клеток костного мозга и это ведет к тому, что у новорожденного, а затем и у взрослого организма на протяжении всей жизни наблюдается повышенный уровень клеток с микроядрами. Не исключено, что в данном случае мы наблюдали именно этот феномен. В связи с чем возможно было предположить, что в период с 1963 по 1970 годы местность в районе пос. Самусь была подвергнута мощному мутагенному заражению, что и отразилось на поколении людей рожденных в эти годы. Официальные данные свидетельствуют о том, что действительно в 1963 году на СХК было несколько аварий, приведших к загрязнению значительной территории радионуклидами.

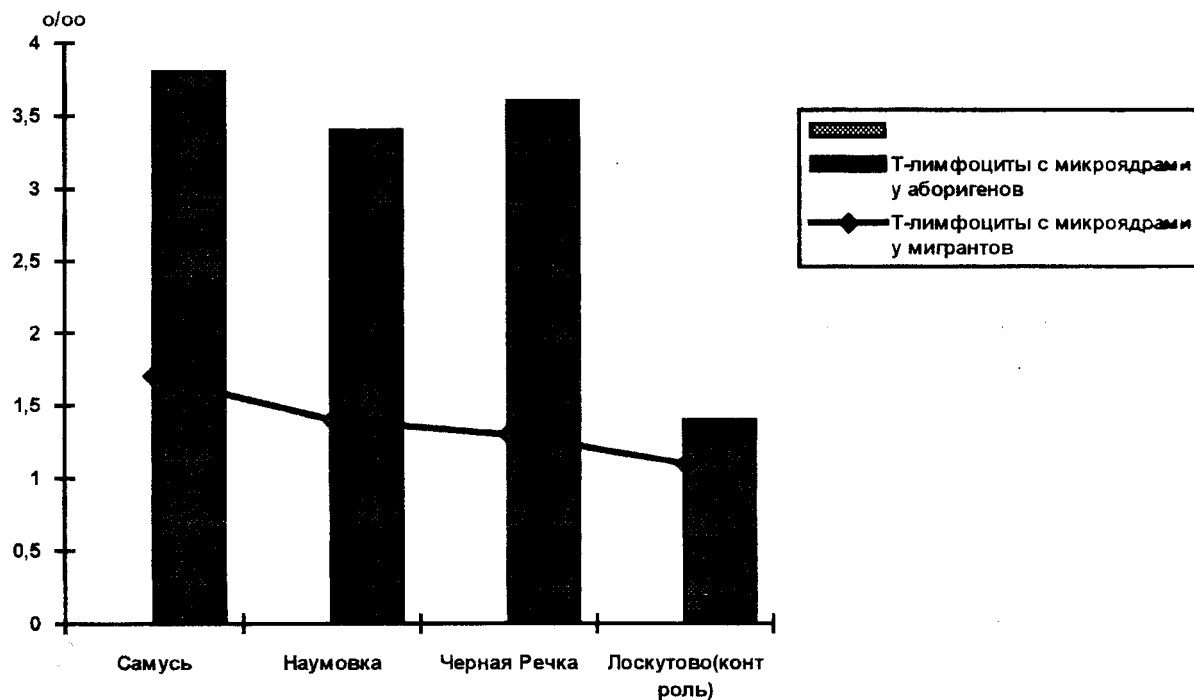
В этой связи интересной, с нашей точки зрения, является работа, представленная В.А. Мишагиным (1994), который при обследовании 6721 человека, показал, что хроническая инкорпорация радиоактивного йода в щитовидную железу происходила особенно интенсивно в местности вокруг СХК с 1960 по 1975 годы. Особенно большие выбросы йода-131 имели место в 1963-1964 годах с последующими незначительными уменьшениями к 1965-1967 годам и интенсивным снижением к 1969-1970 годам.

Полученные нами данные позволяют, с нашей точки зрения, сделать вывод, что попадание в организм радионуклидов в пренатальный (дородовой) и ранний постнатальный (послеродовой) периоды приводит к появлению устойчивых клонов эритроидных клеток с микроядрами, которые сохраняются на протяжении длительного периода времени.

### **Анализ уровня лимфоцитов с микроядрами**

У 119 людей различного возраста проведен анализ уровня лимфоцитов с микроядрами. Лимфоциты культивировали с фитогемагглютинином. Уровень Т-лимфоцитов с микроядрами у жителей контрольного пос. Лоскутово составил  $2,94 \pm 0,04\%$  (см. рис. 6).

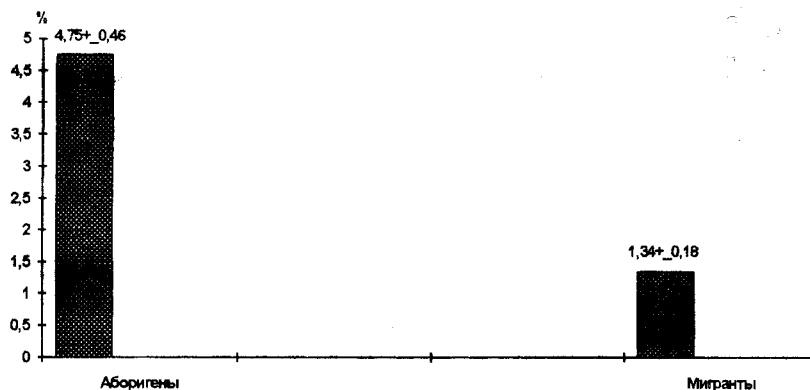
Как свидетельствуют полученные данные, через 0,5 года после аварии на СХК, уровень изучаемого показателя у 38 жителей пос. Самусь составил  $2,13 \pm 0,08\%$ , у 37 жителей пос. Наумовка -  $1,84 \pm 0,06\%$ , у 27 человек пос. Черная Речка -  $2,07 \pm 0,07\%$  ( во всех случаях  $P < 0,01$ ).



**Рис. 6.** Уровень Т-лимфоцитов с микроядрами в крови взрослых коренных жителей пос. Самусь, Наумовка, Черная Речка и Лоскутово.

Анализ полученных данных показал, что у аборигенов - коренных жителей (у тех кто родился в данном населенном пункте) пос. Самусь, Черная Речка и Наумовка уровень Т-лимфоцитов с микроядрами существенно выше, чем у мигрантов (у людей, родившихся в другом регионе), приехавших в указанные поселки после 1968 года (рис. 7).





**Рис. 7.** Уровень Т-лимфоцитов с микроядрами в крови у коренных и приехавших в поселок Самусь жителей.

Полученные данные позволяют сделать ряд выводов:

1. Через 0,5 года после аварии на атомном заводе СХК у жителей пос. Самусь, Наумовка, Черная Речка и Георгиевка, попавших в зону радиационного загрязнения, уровень эритроцитов и Т-лимфоцитов с микроядрами был достоверно выше, чем у жителей контрольного поселка Лоскутово.

2. Анализ уровня эритроцитов с микроядрами, проведенный у школьников и учителей пос. Самусь свидетельствует о постепенном уменьшении числа клеток с микроядрами на протяжении 2 лет с момента аварии.

3. Установлено, что у коренных жителей обследуемых поселков наблюдались значительно более выраженные изменения в числе клеток с микроядрами, чем у мигрантов, приехавших в данный населенный пункт в последние 2 года.

4. У жителей пос. Самусь родившихся в данной местности в период с 1963 по 1970 г.г. наблюдался особенно высокий уровень эритроцитов с микроядрами, что как мы полагаем, обусловлено существенным мутагенным загрязнением данной местности в эти годы.

#### ЛИТЕРАТУРА

Almassy Z., Krepinsky A.B., Bianco A., Koteles G.J. The present state and perspectives of micronucleus assay in radiation protection// A review. Appl.Radiat.Isot. 1987, v.38, №4, p.241-249.

Ильинских Н.Н., Новицкий В.В., Ванчугова Н.Н., Ильинских И.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность. Томск: Изд-во ТГУ. 1992. -С.271.

Ilyinskikh N.N., Kudriavtsev D.P., Ilyin S.Yu., Zagromov E.Yu., Ilyinskikh E.N. The mutagenic consequences of radiation pollution of Siberia// 25th Annual Meeting of the European Environmental Mutagen Society. The Netherlands, June, 18-23, 1995. -p.280.

Ilyinskikh N.N., Natarajan A.T., Suskov I., Revasova Yu., Kolyubaeva S Danilenko I., Smirenni L. Results of interlaboratory research on definition of doses of radiation, received by local population as a result of failure on Seberian Chemical

Combine on April 6, 1993// 25th Annual Meeting of European Environmental Mutagen Society. The Netherlands, June, 18-23, 1995. -p.279.

Мишагин В.А. Поражение щитовидной железы в результате сочетанного воздействия радиационного и эндемического факторов. Пятигорск: Изд-во Пятигорского университета, 1994. -С.124.

Prosser J.S., Mognet L.E., Lloid D.C., Edwards A.A. Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes. Mutation Res., 1989, v.199, № 1. -p.37-45.

Jittlefield J.G., Sayer A.M., Frome E.J. Comparison of dose-response parameters radiation-induced acentric fragments and micronuclei observed in cytokinesis-arrested lymphocytes. Mutagenesis, 1989, v.4, №4. -p.265-270.

### **ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ.**

**IMMUNOLOGIC AND CITOGENETIC DISTURBANCES IN PERSONS WHO INHABIT IN  
REGIONS WHO UNFOURABLE ENVIRONMENT.**

Исаева Т.М., Штокова О.А., Уразова Л.Н., Кузнецова Т.И., Плотникова Н.Н.,  
Ильинских Н.Н.

НИИ онкологии Томского научного центра, Россия,  
634001, г.Томск, п. Кооперативный, 5, (382-2) 21-21-07.

С развитием промышленного производства особенную остроту приобрела проблема загрязнения окружающей среды. Индустриализация страны сопровождается расширением и интенсификацией использования природных ресурсов, следствием чего было возрастание канцерогенной нагрузки на организм человека.

Ранее в экспериментах на животных было показано мутагенное действие канцерогенов биологической, химической и физической природы. Представителями биологических мутагенов являются вирусы. Это, так называемые, внутриклеточные паразиты, которые могут встраиваться в хромосомный аппарат клетки и вызывать ее трансформацию. В норме такие клетки элиминируются. Впервые были описаны мутации вызываемые фагами у актиномицетов в 1958 году С.И. Алиханьяном и Т.И. Ильиной. Мутагенное действие в условиях *in vitro* показано для вирусов группы герпеса, аденовирусов, арбовирусов, вируса кори, гриппа, гепатита. Это проявлялось в изменении числа хромосом клеток, структурном изменении хромосом, деспирализации и пульверизации, фрагментации хромосом. Показано также мутагенное дей-

ствии вирусов в условиях *in vivo*. Цитогенетический анализ лимфоцитов крови больных корью свидетельствовал о значительном повышении числа клеток с хромосомными нарушениями преимущественно хроматидного типа по сравнению с контролем (29,7 против 1,9, соответственно). Через неделю после начала заболевания отмечалось некоторое уменьшение числа клеток с хромосомными нарушениями, а через 3 месяца этот показатель достиг контрольных значений. Подобные данные получены и при обследовании больных гриппом, гепатитом. Имеются и сообщения, касающиеся воздействия вируса Эпштейна-Барр из семейства герпесвирусов, на хромосомный аппарат клеток. При исследовании, проведенном на лимфобластных клеточных линиях, происходящих от больных лимфомой Беркитта, обнаружены 8-14-хромосомные транслокации. Имеются данные об активации генома этого вируса и при других онкологических патологиях.

Токсические вещества, содержащиеся в воде, воздухе, пищевых продуктах почве, растениях, безусловно, оказывают влияние на здоровье населения. В процессе эволюции физиологические системы человека выработали механизмы приспособления к изменениям внешней среды. Однако на фоне промышленного и химического прессинга происходит напряжение и срыв адаптационных процессов.

Следствием интенсификации использования в сельском хозяйстве пестицидов явилось нарушение иммунного статуса у детей, отклонения показателей функционального состояния органов дыхания и кровообращения, отклонения физического развития, увеличение числа хронических заболеваний. Повторное обследование изучаемых групп детей, проведенное с интервалом 12 месяцев, подтвердило ранее полученные результаты.

О канцерогенном действии химических соединений стало известно в 1775 году, когда Персивал Потт опубликовал работу о высоком уровне заболеваемости раком кожи у трубочистов. В настоящее время показана высокая канцерогенная активность полициклических ароматических соединений (фенантрен, бенз(а)пирен и др.), которые вносят наибольший вклад в загрязнение внешней среды.

События последних лет приподняли завесу секретности над деятельностью предприятий атомной промышленности, а авария на Чернобыльской АЭС послужила толчком для исследования здоровья людей, проживающих на территориях, подвергшихся воздействию определенных доз ионизирующего излучения.

В настоящее время показано, что при воздействии высоких доз ионизирующей радиации, вызывающих острое лучевое поражение, существенное значение для облученного организма имеют сведения о состоянии клеточных популяций в активно пролиферирующих органах и тканях, где регистрируется высокая частота aberrаций хромосомного типа. Для выживших больных или в условиях хронического лучевого воздействия, помимо сведений о кинетике клеточных популяций, для

прогноза доминирующую роль играет состояние адаптивных, компенсаторно-становительных процессов, иммунореактивности. Атрофические и гипопластические состояния, сопровождающиеся нарушением процессов пролиферации и дифференцировки, нарушением репаративной регенерации, нарастанием иммунодефицита и снижением защитно-адаптационных реакций неизменно ведут к развитию неоплазий.

На организм человека, проживающего в экологически неблагоприятных условиях, действует целый комплекс канцерогенов. В частности, население промышленной зоны Томской области испытывает на себе сочетанное воздействие всех вышеописанных мутагенов. В связи с этим, целью данного исследования было изучение иммунологических и цитогенетических параметров гомеостаза у лиц, проживающих в районах экологического риска: п.п. Моряковский Затон, Самусь, Комсомольск, Новониколаевка (Томская область). Исследуемые группы распределились следующим образом: в п. Моряковский Затон хромосомный анализ проводили у 13 человек, субпопуляционный состав лимфоцитов периферической крови изучали у 20 человек и уровень антител к антигенам потенциально онкогенного вируса Эпштейна-Барр (ЭБВ) определяли у 43 человек; в п. Самусь хромосомный анализ проводили у 8 человек, субпопуляционный состав лимфоцитов изучали у 20 человек и уровень ЭБВ-специфических антител определяли у 70 человек; в п. Комсомольск параметры гомеостаза изучали у 17, 20 и 56 человек, соответственно; в п. Новониколаевка - у 9, 18 и 34 человек, соответственно. Из исследования исключались люди, которые подвергались в последние 3 месяца рентгенодиагностическому и химиотерапевтическому лечению. Фоновую группу составили 112 здоровых жителей г.Томска и Томского района сопоставимого возраста и пола. Хромосомный анализ проводили классическим методом (Moorhead et al, 1960). Титры G-, и A-антител к вирускапсидному антигену и G-антител к комплексу ранних антигенов вируса Эпштейна-Барр, а также экспрессию мембранных маркеров на лимфоцитах определяли методом непрямой иммунофлюоресценции. Использовали моноклональные антитела к детерминантам CD3, CD4, CD8, CD16, CD22, HLA-DR.

По данным хромосомного анализа, спонтанная частота aberrаций в хромосомном аппарате лимфоцитов человека довольно низкая и колеблется от 0 до 3 на 100 клеток, что составляет в среднем 1,0-1.2%.

Цитогенетические исследования лимфоцитов периферической крови жителей обследованных районов показали, уровень aberrаций хромосомного типа повышен во всех группах, а наибольшая частота и спектр клеток с aberrациями хромосомного и хроматидного типа наблюдается у жителей п.п. Моряковский Затон и Комсомольск (табл. 1). В этих поселках отмечено и максимальное значение количества клеток с дицентрическими и кольцевыми хромосомами. Спонтанная частота

аббераций подобного типа составляет, по данным исследователей, 0,042-0,068 на 100 клеток.

Таблица 1

Цитогенетические показатели у лиц, проживающих в экологически неблагоприятных районах Томской области

	Моряковский затон	Самусь	Новониколаевка	Комсомольск
Количество проанализированных метафаз	1300	800	1000	1700
Количество абберантных клеток	139 (10,69%)	51 (6,37%)	52 (5,20%)	96 (5,60%)
Количество клеток с абберациями хромосомного типа	89 (6,84%)	28 (3,5%)	50 (5,0%)	62 (3,65%)
Количество клеток с парными фрагментами	63 (4,84%)	28 (3,50%)	47 (4,70%)	45 (2,65%)
Количество клеток с дицентриками	7 (0,54%)	0	0	8 (0,47%)
Количество клеток с кольцевыми хромосомами	4 (0,31%)	0	3 (0,30%)	9 (0,53%)
Количество клеток с атипичными хромосомами	15 (1,15%)	0	0	0
Количество клеток с абберациями хроматидного типа	50 (3,85%)	23 (2,90%)	2 (0,20%)	34 (2,00%)

Иммунологические исследования показали, что уровень зрелых Т-лимфоцитов (CD3+) во всех населенных пунктах ниже контрольных данных, приводимых фирмой "ДиагноТех" по России (рис.1). В этом плане интересны данные о снижении количества зрелых Т-лимфоцитов при действии как химических (пестициды), так и физических (радиация) канцерогенов.

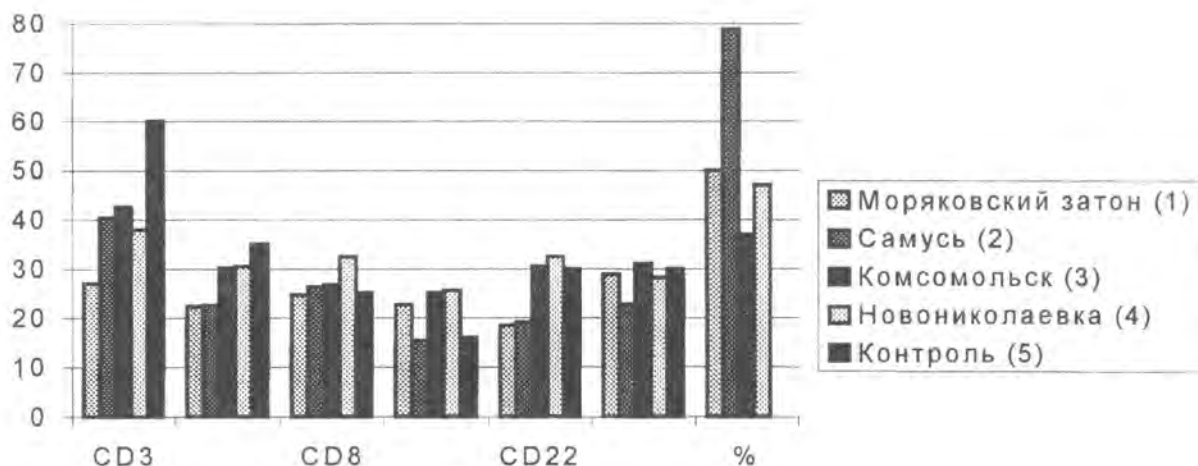


Рис.1. Средние значения субпопуляций лимфоцитов у жителей пп. Моряковский Затон (1), Самусь (2), Комсомольский (3), Новониколаевка (4), контроль (5). % - процент людей, имеющих инвертированное соотношение CD4+/CD8+.

Моноклональные антитела к антигенной детерминанте CD4 выявляют субпопуляцию хелперно-индукторных Т-лимфоцитов. По нашим данным, содержание CD4+лимфоцитов у лиц, проживающих в обследованных районах составляет от 23,30 до 30,47, что значительно ниже уровня, указанного в литературе (35-55%).

Антигенная детерминанта CD8 характеризует субпопуляцию супрессорно-цитотоксических Т-лимфоцитов. Этот показатель был близок к норме. В связи с этим не удивительно, что от 36,8% до 78,9% обследованных жителей, имеют инвертированное соотношение регуляторных субпопуляций CD4+/CD8+. Подобное наблюдается при таких патологических состояниях, как злокачественный рост, вирусные инфекции, последствия радиационного или химического воздействия. Среди обследуемых лиц, по нашим данным, присутствовали и такие, у которых суммарный процент клеток CD4+ и CD8+ субпопуляций превышал средний уровень CD3+ лимфоцитов, что может быть связано с наличием в периферической крови незрелых форм Т-клеток. Раннее появление таких клеток описано при иммунодепрессивных состояниях различного генеза.

Высокие количественные значения субпопуляции естественных киллеров (CD16+) в сочетании с данными хромосомного анализа могут свидетельствовать об их функциональной неполноценности.

Процент В-лимфоцитов, который оценивался по наличию антигенной детерминанты CD22, не отличался от нормальных показателей.

Таким образом, исследование иммунологического статуса у лиц, проживающих в экологически неблагоприятных условиях, показало глубокие изменения, касающиеся, в первую очередь, Т-лимфоцитов, которые ответственны за клеточные реакции иммунитета.

Анализ результатов исследования вирусспецифического иммунного ответа показал, что средние значения титров антител к антигенам вируса Эпштейна-Барр превышают аналогичные параметры фоновой группы. За фон были приняты уровни ЭБВ-специфических антител у здоровых людей, которые в течение 5 лет наблюдения не были поставлены на учет по поводу хронических и онкологических заболеваний (рис. 2). На рисунке представлены уровни G-антител к вирускапсидному антигену ЭБВ, профили средних уровней A-антител к вирускапсидному антигену и G-антител к комплексу ранних антигенов повторяют профиль данной диаграммы.

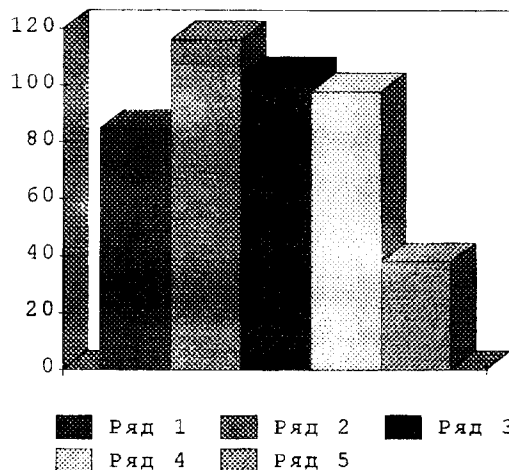


Рис. 2. Среднегеометрические титры G-антител к вирускапсидному антигену вируса Эпштейна-Барр у жителей пп. Морьяковский Затон (1), Самусь (2), Комсомольский (3), Новониколаевка (4), фоновые значения (5).

Полученные результаты были обработаны методом корреляционного анализа. Показано наличие прямой корреляционной зависимости между уровнем G-антител к вирускапсидному антигену ЭБВ и уровнем одиночных фрагментов, между уровнем A-антител к вирускапсидному антигену ЭБВ и количеством дицентрических хромосом. Количество парных фрагментов было в обратной пропорциональной зависимости от количества CD-16+лимфоцитов и от количества лимфоцитов, экспрессирующих на своей поверхности HLA-DR антигены.

Таким образом, изучение параметров гомеостаза у людей, проживающих в экологически неблагоприятных районах Томской области показало увеличение aberrаций в лимфоцитах периферической крови как хромосомного, так и хроматидного типов. Были выявлены также нарушения в иммунной системе, затрагивающие преимущественно T-клеточное звено иммунитета. Подобные состояния обычно сопутствуют аллергической патологии, аутоиммунным заболеваниям, вирусным инфекциям и онкопатологии. В связи с этим остро встал вопрос о выделении групп риска, динамическом их обследовании и проведении целенаправленных реабилитационных мероприятий.



**МЕХАНИКА ДЫХАНИЯ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ**  
RESPIRATION MECHANISM IN HEALTHY PERSON, LIVING IN THE REGION,  
EXPOSED TO SMALL RADIATION DOSES

Тетенев К.Ф., Поровский Я.В.

Сибирский государственный медицинский университет,  
Россия, г. Томск, Московский тракт, 2, тел. (3822) 23-07-27

Хроника последних лет позволяет предположить, что опасность радиоактивного поражения является одним из самых важных факторов нарушения экологического равновесия и здоровья людей. Наряду с этим, остается малоизученным влияние малых доз облучения на здорового человека. В данной работе сделана попытка исследовать влияние этого вида облучения на механику дыхания у здоровых людей, проживающих в непосредственной близости (п. Георгиевка) от Сибирского химического комбината.

Из 20 практически здоровых людей было выбрано 7 человек (средний возраст - 41 год), у которых не было в анамнезе каких-либо данных о перенесенных заболеваниях респираторной системы. Все пациенты подвергались тщательному клиническому обследованию, включая рентгенографию легких, ЭКГ, эхокардиографию, специализированные исследования других органов и систем. Каких-либо патологических симптомов у этих лиц не было найдено. В качестве контроля взяты результаты обследования здоровых людей, проживающих в г.Томске (средний возраст - 40 лет).

Механика дыхания оценивалась методом одновременной записи спирограммы, транспульмонального давления кривой. Транспульмональное давление определяли разницей давления в ротовой полости и внутрипищеводным давлением, измеряемым с помощью внутрипищеводного зонда. В работе использовался прибор пневмотахограф Мед. физ. прибор СКТБ г. Казань. Работа дыхания, ее фракции рассчитывались из дыхательной петли. Достоверность сравнений оценивали с помощью коэффициента Стьюдента.

Минутный объем дыхания (МОД) варьировал от 9 до 11 л/м, в среднем составлял 10.8 л/м, статистически соответствовал МОД контрольной группы 8.8 л/м. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) составляла в среднем  $106 \pm 4.1\%$  к должн. ЖЕЛ. Тиковая объемная скорость (ПОС) составляла  $115 \pm 13.3\%$  к должн. ПОС, максимальная объемная скорость на уровне мелких бронхов (МОС75) составила  $101 \pm 8.1\%$  к должн. МОС75. У контрольной группы эти показатели составляли соответ-

ственно: ЖЕЛ -  $102 \pm 1.41\%$  к должн. ЖЕЛ, ПОС -  $109 \pm 1.1\%$  к должн. ПОС, МОС75 -  $102 \pm 0.8\%$  к должн. МОС75, статистически не отличались и соответствовали норме

Общая работа дыхания (ОРД) у контрольной группы (средний показатель составляла  $0.28 \pm 0.018$  кгм\*м, эластическая фракция работы дыхания (ЭРД)  $0.16 \pm 0.008$  кгм\*м, неэластическая фракция работы дыхания (НРД) -  $0.18 \pm 0.014$  кгм\*м, растяжимость (С) -  $0.26 \pm 0.009$  л/см вод. ст. У пациентов, проживающих в районе действия малых доз облучения ОРД и ЭРД были достоверно повышены  $P < 0.001$   $P < 0.05$ , и составляли соответственно ОРД -  $0.31 \pm 0.013$  кгм\*м, ЭРД -  $0.22 \pm 0.008$  кгм\*м. С варьировало от 0.10 до 0.21 л/см вод. ст., в среднем  $0.19 \pm 0.03$  л/см вод. ст. и оказалось достоверно сниженной по сравнению с контрольной группой. НРД составила  $0.12 \pm 0.06$  кгм\*м, достоверно не снизилась.

Снижение С, при увеличении ОРД за счет ЭРД, есть признак рестриктивных изменений, проявляющийся диффузным пневмофиброзом, который на ранних стадиях не обнаруживается рентгенологически, а выявляется только при исследовании механики дыхания. Допустимо предположить, что изменения показателей механики дыхания являются следствием воздействия малых доз облучения.

## **ВАКЦИНАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС И ИММУНИТЕТ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ СХК.**

### **THE VACCINAL PROCESS OF APPARENTLY HEALTHY CHILDREN IN 30-KILOMETER SCK ZONE.**

Рыбка В.И.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
г.Томск, Московский тракт, 2, тел. (382-2) 23-12-06, 23-14-76

Проживание детей в 30-километровой зоне СХК вызывает развитие защитно-приспособительных реакций иммунной системы и профилактическая вакцинация является дополнительным стрессовым механизмом. Обследовано 60 детей от 1 года до 3-х лет. Изучена клиника и через 4 недели после законченной вакцинации определены в периферической крови показатели иммунокомпетентных клеток (ИКК), фагоцитарных реакций, РБТЛ на ФГА, активность моноцитов по экспрессии  $C_{3b}R$  и  $F_{c\gamma}R$  и содержанию лизосомных гранул, клеточного и гуморального звеньев иммунитета, циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) и их модулярной массы титров специфических антител (АТ). После III АКДС вакцинации динамика показателей характеризовалась неоднородностью и угнетением фагоцитарных реакций

лимфоцитов и моноцитов, Т-лимфоцитов с преобладанием клеток с супрессорной активностью, увеличением концентрации ЦИК с высокой и средней молекулярной массой, титры АТ к дифтерии и столбняку были выше защитных и неоднородными. После II АДС-М вакцинации направленность динамики показателей была такой же. Отличием являлось преобладание Т-лимфоцитов с хелперной активностью и меньший диапазон показателей титров специфических АТ. После коревой вакцинации отмечено увеличение количества эозинофилов, моноцитов и их активности, снижение поглотительной способности нейтрофилов, завершенность фагоцитоза не изменялась, возросло содержание IgA ( $p < 0,01$ ).

В 30-километровой зоне СХК особенностью вакцинального течения было присоединение интеркуррентных заболеваний, большой диапазон колебаний титров специфических АТ, отсутствие параллелей между показателями иммунограммы и титрами АТ. Титры АТ были выше у детей с исходно более высокими показателями лейкоцитов.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ИММУННОГО СТАТУСА У ШКОЛЬНИКОВ г.СЕВЕРСКА** **SEVERSK SCHOOL CHILDREN IMMUNE STATUS CHARACTERISTICS**

Васильева О.А., Балашева И.И., Терентьева Г.Г.,  
Волкова Е.М., Найденова Н.Н., Тарасенко Т.А.

НИИ психического здоровья ТНЦ СО РАМН, Сибирский государственный  
медицинский университет, МСЧ N81, Россия, г.Северск

Ребенок в силу функционального несовершенства его органов и систем более чем взрослые подвержен воздействию вредных факторов среды обитания. Проблема влияния экологии на детское здоровье является актуальной в Томской области. Существующие работы по изучению заболеваемости детского населения, проживающего в зоне радиоактивного следа от аварии на Сибирском химическом комбинате в апреле 1993 года, говорят о необходимости скринингового обследования состояния иммунной системы детей с целью раннего выявления признаков вторичной (приобретенной) иммунологической недостаточности и своевременной иммунокоррекции. В связи со сложной экологической обстановкой становится актуальным изучение иммунитета детей и подростков, проживающих в городе Северске, в непосредственной близости от основного источника радиационного загрязнения окружающей среды.

Целью настоящей работы явилось эпидемиологическое обследование состояния иммунной системы школьников г.Северска для выявления ранних форм иммунопатологии.

Работа была выполнена осенью 1994 года в рамках программы комплексного изучения состояния здоровья школьников города Северска на базе лаборатории экологической психонейроиммунологии и иммунореабилитации (рук.- д.м.н. проф. О.А. Васильева) НИИ психического здоровья; показатели гуморального звена иммунитета (концентрация иммуноглобулинов и уровень иммунных комплексов) исследовались в лаборатории клинической иммунологии этого института (рук.- д.б.н. Т.П. Ветлугина).

Было обследовано 850 детей и подростков, учащихся школы N76 города Северска, возраст обследуемых - от 7 до 15 лет. В момент взятия крови на иммунологическое обследование все наблюдаемые были клинически здоровы и посещали школу. В качестве контроля были взяты иммунологические показатели детей соответствующего возраста из методических рекомендаций "Показатели иммунного статуса здоровых людей города Томска и Томской области" (Под ред. проф. Васильевой О.А., доц. Рыбка В.И. и др. Томск, 1989). Методические рекомендации составлены иммунологическими лабораториями НИИ психического здоровья и ЦНИИ СГМУ.

Оценка иммунного статуса у детей проводилась по результатам следующих методов обследования: определение абсолютного и относительного количества лейкоцитов, лимфоцитов, В-лимфоцитов, Т-лимфоцитов и их субпопуляций; определение концентрации сывороточных иммуноглобулинов классов М, G, А; иммунных комплексов; определение фагоцитарной активности нейтрофилов.

При оценке состояния клеточного звена иммунитета обращает на себя внимание тот факт, что в наблюдаемой группе детей четко прослеживается тенденция к снижению общего количества лейкоцитов крови - лейкопении. Снижение количества общих лейкоцитов наблюдалось у 80-90% обследованных детей. Как видно из табл.1, количество лейкоцитов крови в обследуемой группе находится в пределах  $4,75-5,07 \times 10^9 /л$ , что достоверно ниже контрольного уровня ( $p < 0,05$ ). Анализ лейкоцитарной формулы показал, что у обследованных детей, по сравнению с контрольной группой, наблюдается достоверное увеличение относительного количества лимфоцитов и уменьшением относительного количества сегментоядерных нейтрофилов ( $p < 0,001$ ), табл.1. Относительный лимфоцитоз характерен для всех возрастных периодов и наиболее выражен в группе детей 9-11-летнего возраста. Дети старшего возраста оказались менее склонны к лимфоцитозу. В целом, повышение относительного количества лимфоцитов в крови встречается у 61-86% детей г. Северска.

Кроме того, во всех обследуемых возрастных группах наблюдается снижение относительного количества сегментоядерных нейтрофилов по сравнению с кон-

контрольной группой детей (38,3-44,2% и 43,9% соответственно,  $p < 0,001$ ). Нейтропения особенно выражена в группе 9-11 летних детей.

При исследовании клеточного звена иммунитета установлено, что у большинства обследованных детей, в сравнении с контрольной группой, наблюдается стойкое снижение относительного количества Т-лимфоцитов, а также теофиллинрезистентных клеток (ТФР-лимфоциты)- субпопуляции, обогащенной Т-лимфоцитами с хелперной активностью, табл.1. Так, снижение содержания общих Т-лимфоцитов зафиксировано у детей 8-12 лет (39,0 - 48,17%), в то время как уровень Т-лимфоцитов в крови контрольной группы составил 54,6%;  $p < 0,01$ . Показатели относительного количества Т-лимфоцитов крови подростков 13-14 лет не отличаются от таковых в контрольной группе.

Аналогичная картина наблюдается для ТФР-лимфоцитов. В общей группе обследованных детей обнаружено низкое относительное количество ТФР-лимфоцитов. Как видно из табл.1, концентрация ТФР-лимфоцитов в обследуемой группе (23,33 - 33,40% соответственно возрастам) достоверно ниже, чем в контрольной- 39,2%, ( $p < 0,01$ ). Исключение составляет группа подростков 13-летнего возраста. Число детей с низким уровнем Т-лимфоцитов в крови детей возрастных групп 9-11 лет составляет 64-83% , тогда как в остальных группах пониженный уровень Т-лимфоцитов встречается у 46-53% обследованных. Угнетение Т-хелперной субпопуляции лимфоцитов (ТФР-лимфоцитов) также встречалось чаще у детей 9-11 лет (75-82%) из числа обследованных.

При анализе показателей субпопуляции Т-супрессоров (теофиллинчувствительные, ТФЧ-лимфоциты) во многих возрастных группах было установлено повышение относительного количества ТФЧ-лимфоцитов (16,7 - 17,3% соответственно возрастам) в сравнении с контролем 13,4% ( $p < 0,05$ ), табл. 1. Вместе с тем, у 38% обследованных детей концентрация Т-лимфоцитов с супрессорной активностью находится в пределах ниже контрольного уровня. Превышение содержания Т-супрессоров относительно контрольного уровня наблюдается у 41% из числа обследованных, и лишь 20% детей имеют уровень Т-супрессоров, не отличающийся от контрольного. Таким образом, изменение Т-супрессорного звена иммунитета неоднозначно и может проявляться как в угнетении, так и в активации.

Показатели В-клеточного звена иммунитета у обследованных детей практически не отличаются от таковых в контрольной группе (табл.1).

При изучении параметров гуморального иммунитета у детей г.Северска было показано, что концентрация иммуноглобулина G во всех наблюдаемых возрастных группах достоверно превышает таковую в контрольной группе ( $p < 0,05$ ), табл.2. Превышение уровня IgG обнаружено у 58% обследованных детей. Уро-

вень иммуноглобулинов класса М и А у обследованных детей практически не отличается от контрольных значений.

При исследовании такого важного показателя гуморального иммунитета, как циркулирующие иммунные комплексы было установлено достоверное повышение их концентрации у детей старшего возраста 13-14 лет,  $p < 0,001$  (табл.2). Уровень иммунных комплексов в этой группе достигает 100-116 условных единиц, что в 1,75-2 раза превышает концентрацию иммунных комплексов в контрольной группе. Уровень иммунных комплексов в других возрастных группах достоверно не отличается от контрольного.

Основная роль в элиминации чужеродного антигена и циркулирующих иммунных комплексов принадлежит макрофагально-фагоцитарной системе и, в частности, полиморфноядерным лейкоцитам. Результаты исследования фагоцитарной активности нейтрофилов у детей приведены в табл. 2. Установлено, что у обследованных детей наблюдается достоверное снижение фагоцитирующих нейтрофилов (фагоцитарный индекс),  $p < 0,001$ . Наибольшее снижение фагоцитарного индекса наблюдается в возрастной группе 9-11 лет. Фагоцитарное число в исследуемой группе статистически не отличается от контрольного значения.

Таблица 1

Показатели клеточного иммунитета у детей и подростков г.Северска, ( $M \pm m$ )

Показатель	Контроль	Группы обследования						
		8 лет	9 лет	10 лет	11 лет	12 лет	13 лет	14 лет
Лейкоциты *10 /л	6,1/0,39	*	*	**	*	**	***	**
Лимфоциты	32,8/2,4	***	***	***	***	***	***	***
Нейтрофилы с/я, %	49,3/1,2	**	***	***	***	***	***	***
Т-лф. %	54,6/2,0	**	***	***	***	*		
ТФР-лф. %	39,2/1,4	***	***	***	***	***		**
ТФЧ-лф. %	13,4/0,9	***	*			***	*	*
В-лф. %	12,1/0,7	11,16/0,79	12,65/0,66	11,16/0,88	9,07/0,51	10,23/0,61	10,16/0,89	10,19/0,87

Примечание: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$ ,  
знак "/" в числовых выражениях - соответствует знаку " $\pm$ "

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о наличии иммунологических нарушений у детей и подростков г.Северска. У 74% детей выявлена иммунологическая недостаточность Т-клеточного звена иммунитета, в 18% случаев она сопровождается угнетением гуморального звена иммунитета и дефектом фагоцитарной системы. Наиболее часто иммунологическая недостаточность встречается у детей 9-11 летнего возраста. Это может быть связано с психоэмоциональными и физиологическими особенностями данного возраста, напряжением адаптацион-

-ых систем в связи с возрастанием умственной и физической нагрузки у детей 4-5 классов при переходе из начальной школы.

В целом, причиной нарушений в иммунной системе подростков могут быть также следующие факторы: ухудшение социально-экономической обстановки в стране и области в период обследования, вредное влияние экологических факторов, функционирование на территории города Сибирского химкомбината. Выявленные иммунологические изменения не требуют специфического вмешательства, но могут способствовать развитию различных заболеваний. Поэтому детям необходимы общеоздоровительные процедуры, полноценное и разнообразное питание.

Таблица 2

Показатели гуморального и неспецифического звеньев иммунитета у детей подростков г. Северска

Показатель	Контроль	Группы обследования						
		8 лет	9 лет	10 лет	11 лет	12 лет	13 лет	14-15 лет
ИМ г/л	1,4/0,02	1,27/0,07	1,33/0,05	1,44/0,06	1,21/0,05	1,37/0,05	1,42/0,04	1,32/0,06
СГ г/л		*	**	**	*	***	***	**
	11,3/0,9	14,08/0,60	14,72/0,50	14,70/0,53	13,41/0,48	4,70/0,42	15,06/0,47	14,28/0,73
А г/л	1,5/0,13	1,42/0,08	1,48/0,07	1,45/0,06	1,48/0,09	1,75/0,08	1,65/0,08	1,68/0,07
ФИ %		***	***	***	***	***	***	***
	83,7/2,8	72,77/0,94	54,64/1,19	53,90/1,31	63,10/0,97	4,88/1,01	64,39/1,26	69,76/1,18
Фч	4,0/2,0	3,21/0,06	2,93/0,06	2,94/0,07	2,85/0,06	2,85/0,05	2,63/0,07	2,86/0,07
ЛК ед.	57,9/4,3	66,06/5,57	57,70/2,59	69,60/4,48	50,02/2,75	8,46/3,92	116,38/7,51	00,48/7,09

Примечание: ФИ - фагоцитарный индекс; Фч - фагоцитарное число

\* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

знак "/" в числовых выражениях - соответствует знаку "±"

## ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ЛИЦ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

PECULIARITY OF CEREBROVASCULAR DISEASES INCIDENCE FOR THE  
TECHNICAL PERSONNEL EXPOSED TO IONIZING RADIATION

Бушманов А.Ю., Сафонова Т.В., Антухова О.М., Овсянникова О.Ю.

Центральная медико-санитарная часть 81, 636070, Россия,  
г. Северск, ул. Мира, 4.

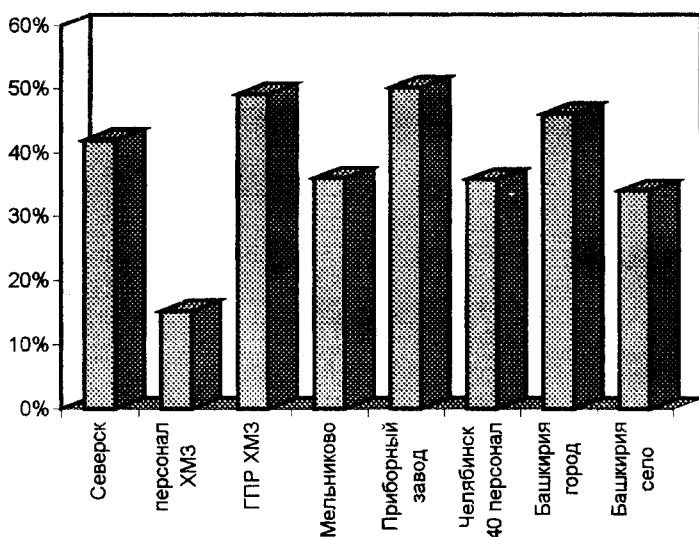
Эпидемиологическая характеристика хронических форм цереброваскулярных заболеваний (ЦВЗ) представляет определенные трудности из-за недостаточной диагностики данной нозологии в ходе профилактических осмотров населения. Постановка больного диагноза "начальные проявления недостаточности кровоснабже-



ния мозга (НПНКМ) производится невропатологами Томской области в единичных случаях, хотя действующая в настоящее время классификация сосудистых заболеваний головного и спинного мозга (Шмидт Е.В., 1985) достаточно четко очерчивает клинические критерии этого заболевания.

Распространенность НПНКМ достаточно вариабельна.

**Частота хронических цереброваскулярных заболеваний в различных регионах (%)**



По данным Т.В. Азизовой (1990) 35.8% работников промышленных реакторов Челябинска-40 в возрасте 23-69 лет страдают НПНКМ; в Башкирии у городского населения НПНКМ в возрасте 40-64 года встречаются в 46% , сельского - 34% .

Нами изучена частота хронических форм ЦВЗ у 431 работника Приборного завода г. Томска. ЦВЗ встречались на данном предприятии в 50.1% , причем НПНКМ встречались в 32% , дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭ) 1 стадии - в 18.1% случаев. ЦВЗ встречались у 36% работников предприятий с. Мельниково Томской области; НПНКМ - у 28% , ДЭ 1 стадии у 8% обследованных. Частота хронических ЦВЗ у 361 жителя Северска в возрасте 40 - 64 года составила 42% , а у персонала химико-металлургического завода Сибирского химического комбината 15.2% (888 человек в возрасте 40 - 64 года). Следует отметить, что ЦВЗ в выборочной группе повышенного риска на этом предприятии (112 человек) встречались в 49.1%.

Проведено углубленное клиническое обследование 42 человек, подвергавшихся слабым радиационным воздействиям в условиях производства и 51 человека адекватной контрольной группы в неврологическом стационаре Центральной медико-санитарной части 81 Северска . Возраст обследованных колебался от 41 до 54 лет, составив в среднем 47.6 лет , производственный стаж составил в среднем

5 лет. В основной группе суммарно накопленная доза внешнего гамма-облучения колебалась от 0.05 до 20.63 Бэр и составила в среднем 3.32 Бэр, содержание плутония-239 в организме обследованных варьировало от 0.4 до 33 нКи (в среднем 16.56 нКи). С целью более качественной оценки влияния радиационного фактора на развитие ЦВЗ особое внимание было уделено подбору адекватной контрольной группы, которая была полностью сопоставима не только по профессиональной характеристике, но и по основным параметрам обмена веществ. В частности, уровень холестерина крови составил в основной группе в среднем  $5.38 \pm 0.12$  ммоль/литр, контрольной -  $5.28 \pm 0.12$  ммоль/литр; концентрация триглицеридов в крови -  $1.87 \pm 0.25$  и  $1.41 \pm 0.09$  ммоль/литр; содержание фибриногена крови  $3552 \pm 122$  и  $3451 \pm 120$  Ед.; уровень глюкозы в крови  $5.15 \pm 0.23$  и  $5.26 \pm 0.20$  ммоль/литр; протромбиновый индекс  $93.55 \pm 1.18\%$  и  $92.55 \pm 2.32\%$ ; систолическое артериальное давление  $124.1 \pm 4.30$  мм рт. ст. и  $119.1 \pm 6.50$  мм рт. ст.; диастолическое артериальное давление  $82.64 \pm 1.54$  мм рт. ст. и  $82.63 \pm 1.58$  мм рт. ст. соответственно ( $p > 0.05$  во всех случаях).

Результаты исследования оценивались по особенностям неврологического статуса, параметрам реоэнцефалографии, электроэнцефалографии, состоянию сосудов глазного дна по критерию  $\chi^2$ . При анализе неврологического статуса анизорефлексия наблюдалась у 7.14%, патология черепно-мозговой иннервации у 4.76% патологические рефлексy у 33,3%, тремор рук в позе Ромберга у 14.2%, нистагм у 2.38% пациентов. В итоге в неврологическом статусе статистически достоверных различий с контрольной группой не зафиксировано за исключением преобладания лиц с тремором пальцев рук в позе Ромберга в контроле (45% против 14,2%;  $p < 0,05$ ). В основной группе по данным реоэнцефалографии снижение объемного артериального кровотока по магистральным прецеребральным и церебральным сосудам наблюдалось в 61.9%, нарушение венозного оттока - в 7.14%, изменение тонуса артерий - в 85.7% случаев. Электроэнцефалографические признаки нарушения электроактивности клеток головного мозга в виде дизритмии отмечались в 55,5% случаев; по данным электрокардиографии диффузные изменения в миокарде регистрировались у 66.6%, гипертрофия левого желудочка сердца - у 21.4% обследованных. Офтальмоскопически зарегистрированы: артериальный ангиоспазм в 40.4%, ангиосклероз сосудов сетчатки глаз - в 7.14%, расширение вен в 21.4% случаев. Параметры реоэнцефалограммы, электроэнцефалограммы, состояние сосудов глазного дна статистически не различались в обеих группах ( $p > 0,05$ ). ЦВЗ диагностированы в основной группе у 47.6% против 66.7% у пациентов контрольной группы ( $p < 0.05$ ), причем в структуре ЦВЗ НПНКМ отмечались у 40.5%

против 56.8% ( $p < 0.05$ ), ДЭ 1 стадии - 7.14% против 9.8% ( $p > 0.05$ ), соответственно.

Таким образом, проведенное исследование не показало преобладания начальных форм сосудистых заболеваний головного мозга у лиц, подвергающихся влиянию малых доз ионизирующей радиации в условиях производства. Частота ЦВЗ в Северске соответствует показателям по стране. Низкий уровень заболеваемости хроническими ЦВЗ у работников радиохимического предприятия связан в первую очередь с тщательным входным медицинским и социальным отбором персонала постоянным ежегодным выведением с производства больных людей (перенесших мозговые инсульты, страдающих пароксизмальными расстройствами сознания и другими заболеваниями), а так же квалификацией, требованиями к прикрепленному врачебному персоналу.

**МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ  
ВЛИЯНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА  
MONITORING OF THE HEALTH OF THE CHILDREN LIVING IN THE RANGE  
OF THE SIBERIAN CHEMICAL PLANT INFLUENCE**

Нарзулаев С.Б., Филиппов Г.П., Капилевич Л.В., Дудко Т.М.

Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия,  
г. Томск, Московский тр., 2

Всего было обследовано 450 детей. Из них 350 - проживающих в 30-километровой зоне Сибирского химического комбината /СХК/ (населенных пунктах Светлый, Георгиевка, Наумовка, Черная речка, Самусь Томского района) и 50 - проживающих в 150 - километровой зоне по направлению преобладающих ветров (поселки Новониколаевка и Филимоновка Асиновского района, Комсомольск Первомайского района и Семеновка Зырянского района Томской области). 50 детей проживающих в южной части города Томска и поселках Богашево и Мирный, составили условно-контрольную группу. Возраст обследованных - 2-6 лет.

Из детей, проживающих в первой зоне, практически здоровыми (не выявлено существенных отклонений от возрастной нормы) оказались 12,7% детей. У 9,2% обследованных были выявлены различные заболевания, лечение которых проводилось амбулаторно либо в стационаре. Основное внимание было обращено на третью, самую многочисленную группу (78,1% детей). Эти дети не страдали какими-либо заболеваниями, но показатели состояния функциональных систем

роветворной, иммунной, эндокринной) свидетельствовали о "напряжении адаптации" и оценивались как донозологическая стадия.

Со стороны периферической крови характерны были следующие изменения-эозинофилия (до 14% эозинофилов) - у 52,2% обследованных, железодефицитные состояния - у 37,7% , в том числе латентный дефицит железа - 12,5%.

Отмечалась также повышенная частота встречаемости эритроцитов с микродрозоцитозом (тельца Жоли)- до 2,1% в среднем по популяции (при физиологической норме - 1,2%). Большинство исследователей трактует подобные изменения, как свидетельствующие о мутагенных воздействиях.

Со стороны системы иммунитета отмечались разнонаправленные изменения. Характерны лейкопения (12,3% обследованных), увеличение (28,2%) либо уменьшение (6,8%) показателей фагоцитоза.

Со стороны гуморального звена, изменения встречались лишь в отдельных случаях (8,2 %) и проявлялись в снижении содержания иммуноглобулинов М и А в сыворотке, снижением числа В-лимфоцитов.

Изменения гормонального фона обнаружены у 16,2% обследованных детей, функциональное состояние щитовидной железы при этом оценивалось как "напряжение адаптации"- 87,6%, "срыв адаптации" - 12,4%.

Среди детей, проживающих во второй зоне влияния СХК, к первой группе здоровья (дети без признаков заболеваний и функциональных нарушений) отнесены 30% детей. Этот показатель существенно лучше, чем в первой зоне. Среди выявленных нарушений преобладают следующие: патология щитовидной железы - 70%; в том числе с сохранением функции - 40%; со снижением функции - 30% детей. Этот показатель существенно лучше, чем в первой зоне. Заболевания желудочно-кишечного тракта -60% (преобладает описторхозная инвазия). Аллергопатология кожи и органов дыхания -30%.

Иммунный статус: у 80% детей отмечено снижение содержания Т-лимфоцитов с сохранением иммунорегуляторного индекса, у 52% детей - повышение содержания иммуноглобулина А в крови, у 48% детей - повышение показателей НСТ-теста, снижение резерва фагоцитоза. Общая оценка иммуногормонального статуса: преобладают признаки напряжения иммунной системы в стадии компенсации.

Гематологические показатели: высокий уровень железодефицитных анемий (ЖДА). Причем, по данным амбулаторных карт и предварительных наблюдений, ЖДА не поддаются коррекции препаратами железа, но успешно коррегируются при нормализации гормонального фона. Это дает основание предполагать, что ЖДА связаны не с нарушением питания, а с гормональным дисбалансом.

Биохимические показатели: отмечается явное преобладание активности ферментов катаболизма - повышена активность 5-нуклеотидазы и трипсина, снижено содержание ингибиторов трипсина.

При сравнении полученных данных с результатами обследования детей проживающих в условно-контрольной зоне было отмечено следующее: в 30-километровой зоне состояние здоровья детей существенно хуже, выше частота встречаемости ряда нозологических форм, в том числе экологически обусловленных и экологически зависимых. Во второй зоне влияния уровень заболеваемости не отличается от контрольного, однако существенно выше частота встречаемости донозологических нарушений.

Наиболее информативными показателями для выявления донозологических изменений оказались следующие:

периферическая кровь-гемоглобин, сывороточное железо, содержание железа, содержание лейкоцитов (норма 4,7-7,0 г/л), доля эозинофилов (норма до 5,0%);

иммунная система- Т и В-лимфоциты, содержание иммуноглобулинов типа А и М, показатели фагоцитоза (норма-число клеток, поглощенных одним нейтрофилом -6,2-9,8%, фагоцитирующих нейтрофилов -44,5-65,9%, показатель завершенности фагоцитоза 54,5-67,2%, суммарный эффект поглощения - 8400-23700);

эндокринная система - оценка состояния щитовидной железы (УЗИ, определение гормонального фона-Т3, Т4).

В процессе исследования были выявлены следующие "группы риска": 1 группа риска: эозинофилия свыше 6-8%, предполагаемая этиология-энтеробиоз глистные инвазии либо атопические дерматиты. 2 группа риска: железодефицитные анемии. 3 группа риска: латентный дефицит железа. 4 группа риска: "напряжение" клеточного звена иммунитета (лейкоцитоз, увеличение показателей фагоцитоза). 5 группа риска: подавление клеточного звена иммунитета (снижение показателей фагоцитоза, лейкопения). 6 группа риска: подавление гуморального звена иммунитета (снижение содержания В-лимфоцитов и иммуноглобулинов типа А и М). 7 группа риска: дисфункция щитовидной железы, гиперплазия 1 степени, эутиреоидные состояния, нарушения гормонального фона.

Всем детям, относящимся к одной или нескольким выявленным группам риска, для профилактики развития заболеваний можно рекомендовать сочетание фармакопрофилактики и проведение комплекса оздоровительных мероприятий.

Таким образом, в районах, подверженных влиянию СХК, необходимо осуществлять постоянный мониторинг здоровья детей дошкольного возраста.

Наиболее оптимальна трехуровневая схема мониторинга, приводимая ниже.

1 уровень - участковые педиатры или врачи детских дошкольных учреждений. На этом уровне осуществляется регулярное (2 раза в год) обследование детей с применением основных клинико-лабораторных методов. Обязательное лабораторное исследование щитовидной железы. На первом уровне выявляются дети, страдающие хроническими заболеваниями, а также некоторые группы риска (1, 2, частично 7). На первом уровне реализуются также все профилактические мероприятия, рекомендуемые при обследовании на следующих уровнях.

2 уровень - детское отделение ЦРБ или Областная детская больница. На этом уровне осуществляется регулярное (1 раз в год) обследование всех детей врачами специалистами (обязательно включая сюда аллерголога и эндокринолога) и проведение специальных тестов (исследование сыворотки на содержание железа, определение иммунного статуса, УЗИ щитовидной железы). На 2-м уровне выявляются все группы риска и рекомендуется комплекс оздоровительных мероприятий.

3 уровень - обследование в специализированных центрах г. Томска (СГМУ, Областной эндокринологический диспансер и др.). На этом уровне обследуются дети, отнесенные на 1 и 2 уровнях к группам риска. Уточняется характер и глубина выявленных нарушений, устанавливается необходимость индивидуальных лечебно-профилактических мероприятий.

Особо необходимо отметить важность взаимосвязи между уровнями. При обследовании в специализированных центрах необходимо располагать полной информацией о здоровье ребенка и особенностях развития. В то же время рекомендации, выработанные на 2-3 уровнях мониторинга, должны в полном объеме доводиться до участковых педиатров и выполняться. В обязанности последних входит и разъяснительная работа с родителями детей, отнесенных к "группам риска".

Для фармакопрофилактики рекомендуется антиструмин (100 мкг в сутки). Лучший вариант-использование липиодола (1 капсула в год), либо ореодола (1 мл под язык 1 раз в год). Наряду с этим необходима реализация немедикаментозных средств для профилактики заболеваний верхних дыхательных путей, бронхолегочной, сердечно-сосудистой, иммунной систем.

# БИОИНДИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ BIOINDICATION OF THE ENVIRONMENTAL RADIOACTIVE CONTAMINATION

Нифонтова М.Г.

Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН,  
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Радиоактивное загрязнение среды становится в настоящее время дополнительным фактором естественного радиационного фона. При радиоактивном загрязнении обширных территорий формируются биогеоценозы, либо их отдельные компоненты, которые характеризуются повышенной аккумуляцией радионуклидов и могут быть использованы в качестве биологических индикаторов радиоактивного загрязнения. Выбор видов биоиндикаторов является одним из важных элементов экологического мониторинга. Создать универсальную систему биоиндикации практически невозможно, однако выделены определенные структурные и функциональные признаки, которые необходимо учитывать при подборе организмов, способных выполнять роль биологических индикаторов радиоактивного загрязнения окружающей среды.

В этом плане несомненный интерес представляют лишайники и мхи. Эти растения отличаются эвритопностью, определенной степенью толерантности, достаточно большой продолжительностью жизнедеятельности и довольно широким ареалом распространения в различных типах растительных сообществ. Специфика анатомо-морфологического строения и физиологической деятельности, особенности водного режима способствуют активной аккумуляционной функции этих растений. Процесс накопления радионуклидов в лишайниках и мхах имеет в значительной степени кумулятивный характер, а концентрация излучателей в этих организмах как правило, превышает таковую в травянистой и древесно-кустарниковой растительности. В результате мохово-лишайниковый покров играет существенную роль в процессах первичного накопления радиоактивных веществ и является своеобразным депо захоронения радионуклидов.

Использование мхов и лишайников в качестве биологических индикаторов позволяет получать информацию о степени радиоактивного загрязнения растительного покрова.

Проведены исследования, позволяющие оценить содержание долгоживущих искусственных радионуклидов в отдельных видах лишайников и напочвенном лишайниковом покрове субарктической зоны (в диапазоне географических координат от 67 до 72 град. с.ш. и от 65 до 167 град. в.д.). Показано, что содержание стронция-90 в лишайниковом покрове тундр и лесотундр не превышает 80-100 Бк/кг сухой массы. Концентрация цезия-137 в лишайниковом покрове тундр варьирует от 90



до 200 Бк/кг; для лишайникового покрова лесотундровой зоны эти значения несколько выше и колеблются в пределах от 170 до 290 Бк/кг. В целом мохово-лишайниковая растительность аккумулирует до 20 % как стронция-90, так и цезия-137 от их запаса в почвенно-растительном покрове. Определена концентрация радионуклидов в 16 наиболее распространенных напочвенных лишайниках преимущественно родов *Cladina*, *Cladonia* и *Cetraria*). Для растений разной таксономической принадлежности отмечен широкий спектр величин содержания радионуклидов. Концентрация стронция-90 в изученных лишайниках разных видов изменяется в пределах от 20-30 до 190-200 Бк/кг, а цезия-137, соответственно, от 30-40 до 380-430 Бк/кг. Установлено, что содержание радионуклидов в лишайниковой растительности Крайнего Севера снизилось в 3-7 раз относительно максимальных величин, зарегистрированных в 1962-1965 годах. Полученные данные свидетельствуют о глобальном характере радиоактивного загрязнения лишайников субарктической зоны и могут быть использованы при оценке радиационной ситуации в регионах Крайнего Севера, а также при проведении длительного радиозоологического мониторинга этих территорий.

В течение длительного периода времени проводится изучение содержания радионуклидов в лишайниках и мхах центральной части Среднего Урала. Показано, что в период с 1975 по 1985 годы в разных видах лишайников и мхов концентрация стронция-90 не превышала 300 Бк/кг, а цезия-137 - 900 Бк/кг. При этом содержание радионуклидов в мохово-лишайниковой растительности изменялось по годам незначительно, варьируя вокруг средних величин. В результате радиоактивных чернобыльских выпадений (1986 г.) концентрация радионуклидов цезия в лишайниках и мхах разных видов увеличилась в 20-40 раз; уровни содержания стронция-90 практически не изменились. Повышенная концентрация радионуклидов цезия наблюдалась в мохово-лишайниковой растительности в течение последующих после выпадений шести-семи лет, а в слоевищах эпифитного листоватого лишайника *Hypogymnia physodes* сохраняется по настоящее время. Следует отметить, что в травянистой растительности концентрация радионуклидов цезия увеличилась в результате чернобыльских выпадений на порядок величин и снизилась до первоначальных значений (уровень 1985 г.) в течение трех лет.

Завершены работы по определению уровней радиоактивного загрязнения напочвенного мохового покрова территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, сформировавшегося в результате Кыштымской аварии (1957 г.). Установлено, что в настоящее время на участках вблизи эпицентра взрыва сохраняется высокое содержание радионуклидов в моховом покрове ( $7700 \pm 800$  Бк/кг для стронция-90 и  $4890 \pm 560$  Бк/кг для цезия-137). Вне зоны радиоактивного загрязне-

ния концентрация радионуклидов в напочвенном моховом покрове практически не отличается от уровней, обусловленных глобальными радиоактивными выпадениями. В зоне пролегания Восточно-Уральского радиационного следа содержание стронция-90 в моховой растительности увеличено в 5-6 раз, а цезия-137, соответственно, в 3-5 раз. Таким образом, спустя более трех десятков лет после Кыштымской аварии в моховом напочвенном покрове радиоактивно-загрязненной территории сохраняется повышенное содержание радионуклидов.

В целом представленные материалы свидетельствуют о целесообразности использования мхов и лишайников в качестве биологических индикаторов аэрагенных глобальных радиоактивных выпадений и аварийных выбросов, а также при проведении длительного радиозэкологического мониторинга.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ БИОИНДИКАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СРЕДЫ**

### **ADVANTAGE AND DISADVANTAGE OF BIOINDICATION ANTROPOGENIC POLLUTION OF ENVIRONMENT**

Плеханов Г.Ф., Дмитриева Н.Г.

Томский государственный университет, Научно-исследовательский институт биологии и биофизики, гр. "Биотест", Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

В настоящее время антропогенные загрязнения среды распространены повсеместно. Высокие трубы тепловых электростанций Великобритании вызывают кислотные дожди в Скандинавии, ядерные взрывы на Семипалатинском полигоне привели к выпадению радиоактивных осадков на территории Алтая, Китая, в Эвеккии и т.д. Даже во льдах Антарктиды обнаружено наличие пыли суммарным количеством более 100 000 тонн. Воздушные и водные переносы загрязнений привели к тому, что практически в любой точке Земного шара можно отметить наличие масс самых разнообразных загрязнителей, привнесенных сюда из различных близко и далеко расположенных мест. Естественно, что наибольшая доля загрязнений вызывается близлежащими производствами. Но их, как правило, несколько. Поэтому объективная оценка экологической ситуации на каждом локальном участке должна основываться на инструментальном измерении всех загрязняющих факторов или на биоиндикационных методах, или, что наиболее целесообразно, на оптимальном сочетании обоих этих методов. Чтобы выбрать наилучший вариант, следует рассмотреть все преимущества и недостатки этих методов экологической оценки.

Наиболее привычен и широко распространен метод прямой инструментальной оценки. Здесь проверяющий или непосредственно на месте измеряет определенный параметр окружающей среды, или, что встречается значительно чаще, грамотно отбирает необходимые пробы для последующего лабораторного анализа. При этом получается достаточно полная и точная картина загрязнения данного участка веществами или физическими факторами, на которые рассчитаны использовавшиеся методики. Если такую работу проводить грамотно, по профилям, пересекающим предполагаемый источник загрязнения или по сетке с достаточно мелким шагом, то будет получена четкая картина загрязнения территории данным ингридиентом и необходимо только сопоставить измеренные значения фактора с предельно допустимыми концентрациями или уровнями.

Поэтому метод прямых измерений можно использовать и он является предпочтительным, если загрязняющий фактор один и для него уже есть разработанные ПДК - ПДУ. Не случайно сама концепция ПДК - ПДУ разрабатывалась и первоначально применялась с позиций гигиены труда или производственной гигиены. Если же действующих факторов два и более, то этот метод уже сложнее использовать во-первых, потому что объем достаточно дорогостоящей аналитической работы соответственно удваивается (утраивается и т.д.), а во-вторых, пока нет и в ближайшем будущем не предвидится существование ПДК - ПДУ при сочетанном воздействии ряда факторов. Кроме того, в настоящее время веществ, синтезированных человеком, более 5 миллионов, около 800 тысяч из них производятся промышленностью, а ПДК разработаны (по данным на 1993 г.) менее чем для 4 тысяч. И, наконец, стоимость. Подавляющее большинство анализов, особенно на радионуклиды, стоят весьма дорого.

Таким образом, преимуществами прямых методов измерения загрязняющих веществ или действия физических факторов являются точность и однозначность результата по данному фактору. Недостатками их можно считать: высокую стоимость, неоднозначность результата при действии ряда факторов, а также то, что при самых точнейших замерах величины многих факторов всегда есть вероятность пропустить замеры того фактора, который в значительной степени ответственен за ухудшение экологической ситуации.

Биоиндикационный метод основан на том, что биосистемы, как верхнее звено иерархии комплексных экологических факторов, реагируют на комплекс неблагоприятных воздействий и как бы интегрируют всю экологическую ситуацию в целом. Здесь используются показатели наличия и обилия организмов при явно неблагоприятной экологической ситуации и показатели аномалий функционирования и развития биосистем, если экологическая ситуация нарушена менее сильно. Преимуществами этого метода являются относительная дешевизна, оперативность и универ-

сальность, позволяющие объективно оценивать общую экологическую ситуацию. Недостатком ее, как и всегда при решении обратных задач, является неоднозначность в выявлении конкретного действующего фактора. Другой недостаток биоиндикации связан с необходимостью использовать в работе несколько высококлассных специалистов различной квалификации и при этом не быть однозначно уверенным в полном благополучии экологической ситуации. Ведь даже если исследовать десятки показателей у десятков разнообразных организмов, всегда может найтись такой организм или показатель, который может оказаться наиболее реактивным. Есть здесь и другая опасность, когда обычную физиологическую флюктуацию исследователь может принять за аномалию. Кстати, аналогичные ошибки встречались и при разработке самих гигиенических нормативов. Поэтому при биоиндикационных исследованиях существенную роль играет квалификация исполнителя и грамотная организация работ. Последняя предполагает, что обследуемая территория пересекается профилями, проходящими через места нахождения предполагаемых загрязнителей с разным шагом с использованием разных по сложности биоиндикационных методик. Вначале используются экспресс-методики, а затем в местах наибольших отклонений от нормы они дополняются более трудоемкими. После биоиндикационной оценки территории целесообразно в местах наиболее выраженных аномалий, которые, как правило, привязаны к определенным предприятиям, выявить возможные загрязнители, производимые данным предприятием, и дополнить биоиндикационные исследования прямыми физико-химическими замерами.

Таким образом, можно будет сочетать положительные особенности обеих методик обследования территории и провести работу более экономично и в более короткий срок.

В заключение целесообразно остановиться на одном специфическом использовании биоиндикации. Речь идет о медико-гигиеническом обследовании населения. Его преимущества связаны с тем, что здесь сразу же дается ответ на основной вопрос о влиянии факторов среды на здоровье человека. Однако эти данные во-первых, трудно интерпретировать, так как состояние здоровья зависит от многих причин помимо состояния окружающей среды в месте проживания или работы человека, а, во-вторых, они являются заведомо запоздавшими, так как неблагоприятные изменения у человека уже начались. Все сказанное позволяет считать наиболее оптимальным вариантом биоиндикационную оценку состояния окружающей среды, дополненную в необходимых случаях прямыми измерениями.

# СУЩЕСТВОВАНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ В 30-ТИ КМ ЗОНЕ СХК

## EXISTENCE OF PLANT POPULATIONS UNDER TECHNOGENIOUS PRESSURE WITHIN 30-KM RANGE OF SIBERIAN CHEMICAL COMBINE

Бондарь Л.М., Частоколенко Л.

Томский государственный университет, Научно-исследовательский институт биологии и биофизики, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. (3822) 41-01-12

Устойчивая генетическая система популяции обладает набором признаков, которые достаточно хорошо выявляются. В течение многих лет нами проводилось изучение районов с различным экологическим фоном, в том числе районов с радиоактивным, химическим и электромагнитным загрязнениями. В данной работе представляем фрагмент изучения ряда популяций растений (мышинный горошек, клевер белый и красный, кипрей, злаки) в 30-ти километровой зоне влияния Сибирского химического комбината (СХК) г. Северска. Особое внимание уделялось участку выпадения радиоактивных веществ в результате аварии на одном из предприятий СХК в 1993 г.

В общей сложности, в поле нашего внимания на данный момент оказалось 30 точек, значительно различающихся по уровню экологической напряженности. Наиболее пораженными являются популяции, приуроченные к крупным промзонам, причем принадлежащим не только СХК. Так, достаточно тяжелая обстановка сложилась на территории так называемого Северного промузла. Взаимное наложение санитарных зон СХК с его радиоактивными и химическими выбросами и ТНХК с большим набором химических загрязнителей создали условия для образования техногенной ситуации с неподдающимся анализу синергетическим воздействием на живые системы всех уровней. Присутствие радиоактивной компоненты даже в дозах, не опасных, скажем, в условиях лабораторного эксперимента, в природных комплексах может оказаться пусковым механизмом для проявления патологии как на клеточном уровне, так и организма в целом.

Для популяций, существующих в этих зонах, характерны признаки деградации с присущими явлениями высокой стерильности и резким снижением семенной продуктивности. В ряде точек отмечается переход только на вегетативное размножение.

Особое место в этом плане занимают работы по изучению влияния одной из аварий на СХК в 1993г. Ежегодные исследования на этой территории свидетельствуют об устойчивом сохранении в ряде точек достаточно высокого

уровня аномалий различного рода и высокой стерильности растений, что ведет к генетической трансформации популяций.

Анализ растительных популяций дает возможность не просто констатировать наличие экологического неблагополучия, но и дать прогностическую картину изменения генетического статуса отдельных видов и общих тенденций реакции живой материи.

Ближайшей задачей социального плана, очевидно, нужно считать снижение концентрации производств с различными видами загрязнителей, недопущение строительства заводов, тем более крупных химических комплексов в санитарной зоне других предприятий. Необходимо также расширить работы по биоиндикации и мониторингу уже имеющихся промышленных комплексов.

**НАРУШЕНИЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ПОЗВОНОЧНЫХ  
КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**  
**DISTURBANCE OF EMBRYOGENESIS IN VERTEBRATE NATURAL POPULATIONS  
AS INDICATOR OF MAN ENVIRONMENT STATE**

Савельев С.В., Москвитина Н.С., Куранов Б.Д., Куранова В.Н.

Томский государственный университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина 36,  
тел. (3822) 23-27-62

Материалы собраны в 1992-94 г.г. в зоне влияния Сибирского химического комбината (СХК), Томского нефтехимического комбината, южных окрестностях Томска. Исследовано 2767 эмбрионов семи модельных видов наземных позвоночных: амфибий (*Rana arvalis*, *Salamandrella keyserlingii*), птиц (*Turdus pilaris*) и мелких млекопитающих (*Clethrionomys glareolus*, *Cl. rutilus*, *Apodemus agrarius*, *Sorex araneus*). Для ранних стадий развития использованы методы анализа состояния внутренних органов при помощи интерференционной микроскопии и дифференциального окрашивания тканей. На более поздних стадиях развития применяли метод серийных макросечений. Тяжелые металлы и редкоземельные элементы в скорлупе яиц и тканях эмбрионов определялись с помощью рентгеновского микроспектрометрического анализа.

Эмбриональная смертность заметно различается как в популяциях разных видов, так и в зависимости от места сбора материала. У *R. arvalis* этот показатель изменяется от 16 до 50%. На ряде участков, особенно с повышенной радиационной нагрузкой, в кладках отмечается 23-40% оболочек икры, лишенных не только эмбрионов, но даже неоплодотворенных яйцеклеток, что

свидетельствует о сильном экзогенном воздействии на самок в период закладки и формирования яичников. Ранняя эмбриональная гибель у дрозда-рябинника совершенно незначительна (1-2,5%). У млекопитающих размеры постимплантационной смертности в ряде случаев на 25-30% выше контрольных показателей.

Эмбриональные нарушения *R.arvalis* включают 17 типов дефектов развития, среди которых наиболее обычны остановки развития на стадии гаструляции и хвостовой почки (42,9% от всех отмеченных аномалий), агенезия почки (20,2%), гипотелоризм (8,5%), незаращение кишечного канала (8%), анэнцефалия (7,9). Среди прочих патологий встречаются эктопия или измененное число жабер, асимметрия в закладке сомитов, циклопия, нарушение формирования нервной трубки, гипоплазия жабер, остановка развития на стадиях мезоблестания и гаструляции и другие. Наиболее часто встречающиеся аномалии развития *R.arvalis* характерны для 21-28 стадий, на которых формируется нервная трубка и головной мозг, жаберный аппарат, протонефрос, происходит закладка сомитов, ротовой присоски, хвоста. На 29-33 стадиях отмечается не более 10 типов аномалий, при этом встречаемость каждой из них невелика. На участках с высоким уровнем техногенного загрязнения встречаются множественные дефекты развития (6,2-12,7%), не отмеченные в контроле.

Эмбриональные нарушения у *T.pilaris* включают 18 типов патологий, из которых в контроле встречается 10. Количество эмбрионов с патологиями достигает 77% (в контроле - 22%). Обращают на себя внимание патологии, связанные с системой крови. Случаи гипопластической и апластической анемий составляют 27,6%. В 36,8% случаев в техногенной зоне отмечаются обширные кровоизлияния, связанные, вероятно, с нарушением целостности мелких сосудов и капилляров. На контрольных участках у эмбрионов наблюдаются лишь отдельные кровоподтеки и гематомы. Частота появления аномалий развития существенно выше на опытных участках (37%), чем в контроле (8%). В первом случае отмечаются разные формы хондродисплазии, синдактилии, гипоплазии ряда органов. Обычны эктопии расположения внутренних органов, гипотелоризм, гидроцефалия, микроцефалия, микрофтальмия, которые встречаются при экспериментальном облучении эмбрионов различных групп позвоночных. Существенное увеличение случаев гипотелоризма указывает на снижение скорости деления клеток всего организма, вплоть до остановки развития. Встречаемость гипопластической анемии (28%) также позволяет предполагать радиационную природу воздействий на развитие эмбрионов. Спектр эмбриональных патологий млекопитающих включает более 20 типов, среди которых наиболее часто встречаются гипопластические и апластические



анемии (10-100%), нарушения развития центральной нервной системы и органов чувств (20-50% на разных участках), различные патологии внутренних органов (50-100%), гипотелоризм (14,3-26,7%), аутолиз и гетерохрония в развитии эмбрионов (37,5-100%). Серьезные нарушения отмечены в плаценте в виде очаговой краевой ишемии, ишемического некроза и геморрагического инфаркта. Весьма характерно атипичное расположение эмбрионов по отношению к плаценте: эмбрионы часто лежат задними конечностями, боком, спиной или головой к плаценте. В пуповине отмечены аномалии, узлы и перекруты, которые сочетаются с частой гиперплазией или гипоплазией пуповины. В связи с патологией плаценты возникает нарушение материнского кровообращения и фетального кровотока. У эмбрионов вследствие гипоксии, развиваются вторичные нарушения мозгового кровообращения. Максимальный уровень эмбриональных нарушений у млекопитающих отмечен непосредственно в зоне влияния СХК (56,2% в контроле -2,9%). Встречаемость в этой зоне самок, имеющих эмбрионы с патологиями, достигает 60-63,6%, а на отдельных участках-100%. В 1993 г. по сравнению с 1992 г. отмечено существенное усиление эмбриональной смертности и нарушений развития.

Высокая эмбриональная смертность у амфибий и млекопитающих, а также наличие у животных таких патологий как нарушение развития эктодермы, гипотелоризм, гетерохрония в развитии эмбрионов амфибий и млекопитающих, анемии и геморрагии у млекопитающих и птиц, и ряда других свидетельствуют о наличии эмбриотоксических и тератогенных воздействий внешней среды района исследования. Большая степень сходства основных патологий развития у птиц и млекопитающих является однотипной реакцией на одни и те же факторы. Однако необходимо отметить, что уровень эмбриональной смертности и тяжесть патологий у млекопитающих гораздо выше, несмотря на большую защищенность их зародышей и эмансипацию их от внешней среды. По-видимому, внутренняя среда материнского организма в условиях техногенного загрязнения представляет собой большую опасность, так как в ней могут интенсивно накапливаться поллютанты, рассеянные во внешней среде. Эта опасность повышается в силу интенсивных процессов обмена веществ в организме мелких млекопитающих, а также вследствие того, что они обитают в тех ярусах экосистем, в которых концентрируется наибольшее количество загрязнителей. Ранее показано, что в организме грызунов и насекомоядных депонируется ряд элементов, в том числе Cs-137 и Sr-90, уран (U), бром (Br), скандий (Sc), церий (Ce), и другие (Москвитина Н.С. и др.1995). После аварии на СХК в апреле 1993 г. в желудочно-кишечных трактах красной, рыжей полевок и обыкновенной бурозубки в ноябре того же года были зафиксированы короткоживущие

элементы - рутений-106 (Ru), радий-106 (Ra), цирконий-95 (Zr) и ниобий (Nb). В зародышах птиц на всех участках, кроме контрольного, отмечены скандий (Sc), лантан (La), рутений (Ru), технеций (Tc), цезий (Cs), ванадий (V). Только в зоне влияния СХК в эмбрионах амфибий на ранних стадиях развития выявлены следы бария (Ba), церия (Ce), неодима (Nd), в почках взрослого сибирского углозуба - прометия (Pm) и ванадия (V). Для млекопитающих выявлена положительная корреляция ( $r=0,65$ ) между концентрацией в среде цезия-137 и уровнем эмбриональной гибели, а также частотой встречаемости анемий (Москвитина Н.С. и др., 1995).

Таким образом, учитывая, что ряд патологий развития млекопитающих, такие как анемии, поражения центральной нервной системы, гипотелоризм не имеют видовой специфики и наиболее часто встречаются в популяциях различных видов, можно ожидать, что именно эти патологии могут проявляться на данной территории и у человека.

Работа выполняется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 95 - 0412601А.

## **НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ**

### **FUNCTIONAL STATE OF MICROMAMMALIA POPULATIONS IN CONDITIONS OF ENVIRONMENTAL INDUSTRIAL POLLUTION**

Москвитина Н.С., Бабушкина Н.П., Жданов В.В., Кравченко Л.Б., Скороходова М.Г.

Симанина Е.В., Сучкова Н.Г., Падеров Ю.М., Прочан О.А., Хиусов И.А.

Томский государственный университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

Поиски средств и методов объективной оценки состояния природной среды привели к пониманию необходимости использования для этих целей методов биоиндикации. В их основе лежит изучение реакций биосистем на весь комплекс антропогенных воздействий. В зависимости от силы, характера и длительности этих воздействий можно ожидать адекватных ответов на различных уровнях - от молекулярно-генетического до экосистемного.

Представляемая работа является результатом комплексного изучения природных популяций мелких млекопитающих из экосистем, подвергающихся различным видам загрязнений, основными источниками которого являются Сибирский химический и Томский нефтехимический комбинаты. Исследования

проведены в 1994-95 годах. Изучено состояние периферической крови и органов кроветворения животных из популяций, находящихся на разном удалении к северо-востоку от источников техногенного воздействия.

Исследованные показатели крови и костного мозга достаточно изменчивы как у разных видов из одних биоценозов, так и у одного вида из разных мест обитания (табл. 1). Так, для полевки-экономки из окр. д. Георгиевки в большей степени характерно развитие анемического синдрома, нежели для другого массового здесь вида - красной полевки. Следует отметить, что по сравнению с контрольной группой у лесных полевок из окр. д. Георгиевки, г. Северска, района ТНХК наблюдается возрастание в костном мозге элементов эозинофильного ростка гемопозза. В периферической крови у них отмечается соответствующая эозинофилия. Животные из окр. г. Северска и д. Георгиевка характеризуются также изменением в периферической крови числа незрелых и зрелых нейтрофилов, снижением гематокрита и возрастанием количества ретикулоцитов. Это свидетельствует об определенной реакции системы крови на факторы внешней среды со склонностью к развитию анемии.

Определенный интерес представляют гемограммы лесных полевок (10 экз. отловленных поздней осенью 1993 года (год аварии на СХК). Для всех мазков крови характерны полихроматофилия, у 60% обнаружены различные морфологические изменения эритроцитов: анизоцитоз, анизохромия, тельца Жоли, базофильная зернистость, а также нейтрофильные лейкоциты с токсической зернистостью, лимфоциты с незрелым ядром и базофильная цитоплазма, аномальные клетки, отличающиеся от лимфоцитов большими размерами и структурой. По сообщению Н.Н.Кувшинова, исследовавшего желудочно-кишечные тракты этих животных с их содержимым, последние содержали гамма-излучающие радионуклиды Ru-106, Rh-106, Zr-95, Nb-95.

Гистоморфологическое изучение селезенки красной полевки (окр. д. Георгиевки и Филимоновки, контроль - с. Киреевское) показало значительную вариабельность массы органа, в отдельных случаях на загрязненных участках достигающего спленомегалии. Капсула селезенки, особенно у полевок из окр. Георгиевки, имела зональные утолщения, связанные с участками склероза и гиалиноза. Гистологически отмечается огрубление стромального компонента за счет разрастания соединительной ткани, особенно у полевок из Асиновского района (д. Филимоновка), здесь же встречаются фокусы некроза. Распределение лимфоидных фолликулов неравномерное, границы отдельных из них неотчетливы, у животных с загрязненных территорий чаще, чем в контроле встречаются фолликулярные группы. В георгиевской популяции фолликулы отличаются снижением степени клеточного насыщения. Здесь же в красной

культпе установлено увеличение числа мегакариоцитов. Отмечаемая деструкция лимфоидной ткани, разрастание трабекулярного аппарата, некрозы, утолщение капсулы органа и другие изменения соответствуют картине воздействия на кроветворную ткань инкорпорированных радионуклидов (Атлас патоморфологических изменений..., 1994).

Таблица 1

Гематологические показатели в популяциях грызунов

Показатели	пос. Аникино (контроль)		д. Георгиевка		ТНХК		г.Северск
	Cl.rutilus	Cl.glareolus	Cl.rutilus	Cl.glareolus	Cl.rutilus	Cl.glareolus	Cl.rutilus
	X ± m	X ± m	X ± m	X ± m	X ± m	X ± m	X ± m
Периферическая кровь							
гематокрит	47,800/1,46	45,400/0,98	50,400/1,36	44,545/ 2,60	50,571/3,54	54,500/4,29	47,467/1,51
ретикулоциты	65,200/8,02	92,800/14,26	111,933/ 19,84	192,364/ 76,22	81,571/18,39	78,250/13,97	83,400/5,65
лейкоциты	3,840/0,85	4,360/1,08	3,580/0,37	4,809/0,47	3,286/0,99	3,550/0,88	6,627/0,79
незрелые нейтрофилы	2,000/0,95	3,000/1,67	1,200/0,38	1,818/0,44	4,143 /1,28	2,000/1,08	2,067/1,12
зрелые нейтрофилы	21,000/4,22	19,200/8,50	18,733/3,42	24,273/4,73	29,857/7,60	17,750/2,32	35,200/6,81
эозинофилы	0,000/0,00	0,200/0,20	0,400/0,19	0,182/0,18	1,429/0,72	0,500/0,50	1,200/0,14
базофилы	0,000/0,00	0,000/0,00	0,067/0,07	0,000/0,00	0,000/0,00	0,000/0,00	0,200/0,14
лимфоциты	74,200/3,93	75,800/8,39	76,800/3,83	71,182/4,72	61,143/9,65	77,250/4,23	63,133/5,95
моноциты	2,800/0,80	2,000/0,89	1,667/0,32	1,909/0,41	2,000/0,58	2,500/0,87	2,400/0,52
тромбоциты	77,200/10,36	47,000/6,99	63,133/6,28	44,636/8,40	63,143/9,19	54,750/10,04	59,600/6,43
общая клеточность крови	12,350/1,36	12,200/2,10	18,393/2,20	18,455/2,15	12,857/2,10	12,125/0,97	18,687/1,56
Костный мозг							
недифференци- рованные бласты	2.200/1.02	1.600/0.98	2.933/0.78	2.182/1.03	2.571/1.04	3.000/1.73	3.067/0.42
незрелые нейтрофилы	62.000/13.36	49.600/6.37	54.400/3.27	50.727/3.32	51.429/5.48	45.500/6.40	61.000/6.44
зрелые нейтрофилы	102.20/14.82	62.800/9.05	95.600/9.74	74.545/6.66	97.143/11.07	102.50/5.06	87.000/8.67
эозинофизы	12.800/3.67	24.400/3.76	26.000/4.93	51.273/19.19	36.000/5.24	27.000/2.65	23.262/3.68
базофилы	5.600/5.60	0.800/0.80	3.867/2.78	1.364/0.97	0.000/0.00	0.000/0.00	5.533/2.48
лимфоидный росток	111.60/15.12	126.00/12.85	114.533/ 10.30	84.545/11.59	108.00/8.42	107.00/19.21	88.000/9.65
эритроидный росток	101.00/13.96	134.40/19.28	84.267/12.47	116.727/ 18.98	97.143/4.90	121.00/15.67	108.47/12.52

Примечание: знак “/” - соответствует знаку “±”

Микроядерная аномалия клеток крови является одной из особенностей животных, подвергнутых хроническому действию малых доз радиации в природной среде. Анализ наших материалов (при участии д.б.н. Э.А. Гилевой, г. Екатеринбург) показывает, что уровень микроядер в красной крови лесных полевок различен в разных популяциях (табл. 2). На основании этих данных можно говорить

об определенной тенденции увеличения числа микроядер в клетках крови и о значительной изменчивости этого показателя в некоторых популяциях.

Большая часть рассмотренных показателей может быть включена в систему экологического мониторинга территорий, находящихся под влиянием хронического воздействия предприятий ядерно-топливного комплекса.

Таблица 2

Встречаемость микроядер в полихроматофильных (ПХЭ) и нормохроматофильных (НХЭ) эритроцитах лесных полевков

Район исследования	Вид, кол-во животных	Частота микроядер (%)			
		ПХЭ		НХЭ	
		X/m lim	кол-во просм. клеток	X/m lim	кол-во просм. клеток
Асиновский р-н д. Филимоновка	<i>Clethrionomys rutilus</i> n-2	0.25/0.28 0-0.5	4000	0.49/0.49 0-0.98	2253
Зыряновский р-н д. Семеновка	<i>Cl.rutilus</i> n-8	0.94/0.3 0-2.5	16000	1.12/0.65 0-5.48	8277
Томский р-н д. Георгиевка	<i>Cl.rutilus</i> n-6	0.67/0.34 0-1.0	12000	0.08/0.08 0-0.5	10752
Автодорога Томск-Самусь (24-26 км)	<i>Cl.rutilus</i> <i>Cl.glareolus</i> <i>Cl. n-9</i>	0.83/0.31 0.5-0.5	10000	0.36/0.17 0-1.44	19611
Кожевниковский р-н с.Киреевское (контроль)	<i>Cl.rutilus</i> n-9	0.44/0.21 0-0.5	12000	0.36/0.09 0-0.65	18248

Примечание: знак "/" - соответствует знаку "±"

## ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ЛУКА

### ESTIMATION OF RADIATION INFLUENCE ACCORDING TO A CYTOGENETIC ANALYSIS OF ONION

Цитленок С.И., Козлова А.А., Пулькина С.В., Дуброва Н.А.

Томский государственный университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

Одной из составных частей генетического мониторинга является цитогенетический мониторинг, в задачи которого входит регистрация возникающих под влиянием антропогенных факторов изменений в структуре генофонда и прогнозирование темпов ее перестройки (Будрин, 1985; Дмитриева, Парфенов 1991).

Удобными объектами в качестве тест-систем для цитогенетического мониторинга являются растения, выполняющие основную роль в поглощении разнообразных загрязнителей и постоянно подвергающихся их воздействию вследствие прикрепленности к субстрату.

Мутационный груз, возникающий в растительных популяциях в результате влияния радиационного загрязнения, можно сравнительно быстро определить с помощью современных цитогенетических методов. При использовании одного из основных критериев - частоты клеток с перестройками хромосом в первых митозах меристемы корней - можно установить различия между популяциями из загрязненных и контрольных районов.

В задачу исследования входило изучение частоты и характера aberrаций хромосом в меристеме корней *Allium sera* L. (лук репчатый, сорт Стригуновский) на стадиях анафазы-телофазы митоза. Данный метод достаточно эффективен и относится к экспресс методам оценки хромосомных перестроек (Бычков, Неботарева, 1989).

Исходный материал - лук-репка был получен в агропопуляции г. Тайги Кемеровской области. Исследования проводились в агропопуляциях садово-городных кооперативов д. Сосновки, д. Поперечка (расположенных в 30 км зоне СХК); в трех точках на территории города Северска - д. Иглаково, Северск 1, Северск 2; д. Виленка, п.г.т. Самусь, находящихся в 35-45 км от г. Томска в направлении движения ветров от СХК; д. Поросино, расположенной на левом берегу р.Томи, напротив г.Северска; д. Копылово - в зоне влияния ТНХК и СХК. Исследования в агропопуляциях Богашово, Копылово, Поперечка, Сосновка, Иглаково, Виленка проводились в 1993 и 1994 годах, в агропопуляциях Тайга, Самусь, Поросино, Северск 1, Северск 2 - в 1994 году. В качестве условного контроля использовали агропопуляцию лука поселка Богашово.

В 1993 году в изученных агропопуляциях (Сосновка, Виленка, Поперечка, Иглаково), находившихся под влиянием взрыва на СХК, величина хромосомных aberrаций превышала спонтанный уровень в 3-5 раз. Незначительное снижение уровня хромосомных aberrаций выявлено в следующем году в Сосновке, Виленке и Поперечке, в то время как в Иглаково отмечен рост числа хромосомных aberrаций по сравнению с предыдущим годом (табл. 1).

На основании достоверности различий по частоте хромосомных aberrаций в 11 агропопуляциях в 1994 году, их можно подразделить условно на три группы: I - агропопуляции, в которых уровень хромосомных aberrаций в 1.5-2 раза превышает спонтанный уровень мутаций (Тайга, Копылово, Богашово, Самусь); II - агропопуляции, в которых частота хромосомных aberrаций в 3-4 раза превышает условный контроль (Поросино, Северск 1, Поперечка) и III - агропопуляции, в которых наблюдали превышение спонтанного уровня мутирования в 4-5 раз (Сосновка, Иглаково, Северск 2, Виленка).

Достоверность разницы между контролем и взятыми в анализ агропопуляциями сохраняется и в 1994 году, что позволяет говорить о постоянно

действующих антропогенных факторах в районах Поросино, Северск 1, Поперечка Сосновка, Иглаково, Северск 2, Виленка).

Качественный анализ спектра aberrаций в популяциях, изучаемых в течение двух лет, показал большее разнообразие во всех агропопуляциях, кроме популяции г. Тайга. Основной вклад в спектр хромосомных aberrаций вносит хроматидные и хромосомные мосты. При сравнении спектров хромосомных нарушений агропопуляций, исследованных только в 1994 году, выявлено, что в агропопуляциях Северск-1 и Северск-2 преобладают хромосомные мосты, а в Поросино и Северске-2 высок процент встречаемости редких типов нарушений. В популяциях III группы в 1993-94 г.г. наряду с перечисленными выше чаще встречаются редкие типы нарушений: выявлены высокая частота К-митозов выброс хроматина из ядер и вакуолизация его, а в ряде случаев слипание хромосом, формирующих сложные конфигурации.

Таблица 1

Частота хромосомных aberrаций в агропопуляциях *Allium* сера L.

N	Агропопуляция	Год	% клеток с aberrациями хромосом
1	Тайга	1994	2,49±0,75
2	Богашово	1993	2,13±0,50
		1994	4,03±0,11
3	Копылово	1993	3,60±0,38
		1994	3,78±0,59
4	Самусь	1994	4,08±0,70
5	Поросино	1994	7,07±1,35
6	Северск	1994	7,14±0,47
7	Поперечка	1993	9,22±0,71
		1994	7,50±0,58
8	Сосновка	1993	11,64±3,73
		1994	8,93±1,47
9	Иглаково	1993	6,13±0,41
		1994	9,38±0,61
10	Северск 2	1994	9,73±0,74
11	Виленка	1993	9,88±1,40
		1994	9,74±0,62

В целом цитогенетические исследования девяти агропопуляций *A. сера* зоны влияния СХК показали двухлетнее достоверное повышение частоты нарушений хромосом по сравнению с условным контролем. Наибольший процент аномалий хромосомного аппарата отмечен в агропопуляциях Сосновка, Иглаково, Северск-1 и Северск-2, Виленка, где наряду с широким спектром хромосомных aberrаций выявлены изменения в митотическом аппарате клетки.



## **ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ**

### **THE INFLUENCE OF RADIOACTIVITY ON THE VITALITY OF HYDROCARBON OXIDIZING BACTERIA**

Оборин А.А., Кашеварова Н.М.

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Россия, 614600,  
г. Пермь, ул. Ленина, 11

Влияние радиоактивности на биологические объекты общеизвестно. В природных условиях и лабораторных экспериментах установлена зависимость интенсивности развития углеводородгазоокисляющих бактерий почв, грунтовых и подземных вод в районе нефтяных месторождений от концентрации в них урана. Причем, малые дозы оказывают стимулирующее действие, в особенности на тропаноокисляющие бактерии, которые более чувствительны к гамма излучению, чем метаноокисляющие.

Жизнеспособность углеводородгазоокисляющих бактерий зависит и от изменения экологических параметров среды обитания под действием ионизирующих излучений: образование кислорода, водорода, гидроксил-иона, изменение pH и т.д. Радиолиз водорастворенных органических веществ под действием альфа-частиц может сопровождаться генерацией углеводородов.

Углеводородгазоокисляющие бактерии являются основой природного биоценоза "бактериального фильтра" Земли, осуществляющего утилизацию метана мигрирующего из недр и обеспечивающего формирование современной безуглеводородной атмосферы. Метан - второй по значимости парниковый газ после углекислоты. Нарушение природного биогеохимического цикла метана техногенными процессами опасно непредсказуемыми последствиями.

**АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ**

**ADAPTIVE POSSIBILITIES OF ORGANISM UNDER CONDITIONS OF IONIZING  
IRRADIATION EFFECT OF DIFFERENT INTENSITY AND DURATION**

Мизина Т.Ю.

НИИ биологии и биофизики Томского государственного университета, 634050, Россия,  
Томск, пр. Ленина, 36, тел. (3822) 231649

Настоящее исследование посвящено изучению зависимости формирования ответной реакции организма от характера воздействующего фактора ионизирующего облучения.

Оценка адаптивных возможностей организма проводилась при помощи интегрального эндокринного показателя - коэффициента напряжения, отражающего состояние функционального напряжения организма и включающего в себя процентное отношение величин двух контргормонов - глюкокортикоидов и инсулина (коэффициент ГК/И).

Коэффициент ГК/И исследовали у белых беспородных половозрелых крыс в ранние (1,24,48,72 час и 7,14,30 сут) и отдаленные (3,6,12,24 мес.) сроки после облучения:

- однократного, рентгеновскими лучами в дозах 2,4,6,8,10 Гр. (большие дозы облучения) на установке РУМ-17 с фильтром 0,5 мм Cu + 1 мм Al, фокусное расстояние 60 см, мощность дозы  $2,15 \times 10^{-4}$  А/кг;

- однократного, рентгеновскими лучами в дозах 0,1 и 1 Гр.;

- фракционированного, по 0,1 Гр. ежедневно в течение 10 дней (суммарная доза 1 Гр.) и по 1 Гр. ежедневно в течение 10 дней (суммарная доза 10 Гр.);

- естественного, в условиях зоны ЧАЭС при сочетании внешнего излучения (~2,2 сГр в течение жизни) и внутреннего облучения (~0,3 сГр от инкорпорированным радионуклидам, в течение жизни). Исходное поколение (F<sub>0</sub>) и их потомки (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>, F<sub>6</sub>) постоянно находились на биостанции Института онкологии и радиобиологии АН Украины в г. Чернобыле. Исследования были проведены в 1986-89 гг. Контролем служили животные, содержащиеся в стандартных условиях вивария и получавшие чистый гранулированный корм.

Уровень инсулина в крови исследовали радиоиммунологическим методом с использованием стандартных отечественных наборов, содержание 11-оксикортикостероидов в крови определяли спектрофлуорометрическим методом.

Было установлено:

1. При облучении животных большими дозами излучения от 2 до 10 Гр.:

- в ранние сроки после облучения через 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 часа и у выживших животных через 7, 14, 30 суток наблюдалось увеличение коэффициентов ГК/И, указывающее на функциональное напряжение организма. Причем через 72 часа после воздействия была отмечена прямая зависимость коэффициентов напряжения от дозы облучения;

- чем раньше после облучения в летальных дозах погибало животное, тем в более ранние сроки заболевания наблюдались стабильно высокие показатели индексов ГК/И (в 3-4 и более раза по сравнению с фоновыми значениями), которые достигали максимальных уровней перед гибелью животных;

- в отдаленные сроки после воздействия облучения (1-3 мес.) у выживших животных коэффициенты ГК/И достигали уровней контрольных значений, но через 3-6 мес. был отмечен вторичный всплеск функциональной напряженности организма. Через 12 мес. коэффициенты были низкими, что свидетельствовало о нарушении адаптивных возможностей животных;

2. При облучении животных малыми дозами излучения:

- после однократного воздействия в дозах 0,1 и 1 Гр. в ранние сроки после облучения реакция организма животных имела неспецифический адаптивный характер. Однако в отдаленные сроки наблюдения (12, 24 мес.) отмечено снижение индексов ГК/И, которое было более выражено у животных, облученных в дозе 1 Гр. В этой группе наблюдалось повторное увеличение коэффициентов через 1-6 месяцев;

- после фракционированного облучения животных характер изменений коэффициентов напряжения был идентичен изменениям при однократном воздействии малыми дозами: в ранние сроки после облучения адаптивные реакции организма неспецифичные, в отдаленные сроки характер реагирования становился специфичным - снижались коэффициенты напряжения за счет гипокортикоидной реакции, нарушалась способность организма к общей резистентности. Изменения были более выражены при суммарной дозе 10 Гр., а уровни коэффициентов ГК/И соответствовали их значениям при облучении животных в сверхэкстремальных дозах. Кроме того, через 1-6 месяцев вторичное напряжение организма было более выражено и в более поздние сроки (9 мес.) наступало истощение резервных возможностей, чем при однократном воздействии на организм рентгеновского излучения в дозах 0,1 и 1 Гр.;

- после хронического воздействия малыми дозами в условиях Чернобыля у поколений  $F_0$  и  $F_1 - F_4$  во все сроки наблюдения отмечены адекватные хроническому стресс-воздействию адаптивные реакции. У поколения  $F_5$  реакция организма на хроническое воздействие малыми дозами отсутствовала, никаких адаптивных

реакций не наблюдалось. У поколения F<sub>6</sub> отмечено резкое снижение индексов ГК/И а, значит, и нарушение адаптивных способностей организма.

Таким образом, ответная реакция организма на воздействие ионизирующего излучения разной дозы и продолжительности действия имеет определенные закономерности. Облучение в больших дозах сопровождается крайним напряжением адаптивных механизмов. Характер этих изменений в ранние сроки наблюдения неспецифичен, в отдаленные - состояние напряжения, вызванное облучением в среднететальных и летальных дозах, становится угрожающим и сопровождается гибелью животных. У выживших крыс в отдаленные сроки наблюдается вторичное усиление напряженности с последующим истощением резервных возможностей организма. При малых воздействиях однократно фракционированно и хронически ранние реакции организма на облучение также неспецифичны. В отдаленные сроки после облучения адаптивные возможности организма более зависимы от характера воздействующего фактора облучения, хотя направленность изменений идентична нарушениям у выживших животных после облучения в больших дозах. Многократное облучение животных в малых дозах (естественно и в эксперименте) способствует более глубокому истощению резервных возможностей организма, чем при однократном облучении. У животных, которые в ряде поколений проживали в условиях надфоновое естественного хронического облучения, отмечается утрата способности организма адекватно (по Селье) реагировать на стрессирующий фактор ионизирующего воздействия.

## **РЕАКЦИЯ ЩИТОВИДНОЙ И ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОЙ ДОЗЫ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ**

**RESPONSE OF THYROID AND GENITAL GLANDS TO THE INFLUENCE OF IONIZING  
RADIATION OF DIFFERENT DOSE AND DURATION**

Ситникова С.Г., Мизина Т.Ю.

НИИ биологии и биофизики Томского госуниверситета,  
634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36, тел. (3822) 231649

В настоящем исследовании изучалась тиреотропная функция гипофиза и функциональное состояние щитовидной и половых желез беспородных белых половозрелых крыс-самцов в различные сроки после общего рентгеновского

облучения на установке РУМ-17 (фокусное расстояние 60 см, фильтр 0,5 мм Cu + 1 мм Al, мощность дозы  $2,15 \times 10^{-4}$  А/кг). Животных облучали:

- однократно, в дозах 0,1, 1, 10 Гр;
- фракционированно, десятикратно по 0,1 Гр с интервалом в 1 сут. суммарная доза составила 1 Гр;
- фракционированно, десятикратно по 1 Гр с интервалом в 1 сут, суммарная доза составила 10 Гр.

Через 1, 24, 72, 168 ч (ранние сроки наблюдения) и 1, 3, 6, 9, 12 мес. (отдаленные сроки) после лучевого воздействия животных декапитировали и в плазме крови определяли содержание тиреотропного гормона (ТТГ), трийодтиронина ( $T_3$ ), тестостерона (Т) радиоиммунологическими методами с использованием стандартных наборов.

Было установлено:

- через 1 час после однократного облучения животных в дозе 0,1 Гр наблюдалось увеличение уровня в крови  $T_3$  с последующим его восстановлением к 3-м сут наблюдения. Вторичное повышение функциональной активности щитовидной железы отмечалось через 3 мес. после воздействия радиации. В более поздние сроки (6,9 мес.) функциональная активность щитовидной железы не отличалась от контроля, однако через 12 мес. уровень  $T_3$  снижался на 16%. Тиреотропная функция гипофиза во все сроки наблюдения не изменялась, за исключением 72 ч, когда уровень ТТГ в крови достоверно повышался. Изменений в содержании Т в плазме крови не обнаружено;

- при однократном облучении крыс в дозе 1 Гр отмечались более выраженные функциональные нарушения гипофиз-тиреоидной системы. Уже в ранние сроки после облучения (1, 24, 72 ч) наблюдалось прогрессирующее увеличение уровня  $T_3$ , при этом тиреотропная функция гипофиза через 1 час повышалась, а через 1 сут - снижалась. Через 72 ч уровень ТТГ в крови нормализовался. В поздние сроки (3,9 мес.) наблюдалась вторичная активизация функции щитовидной железы, которая сменялась ее угнетением через 12 месяцев: содержание  $T_3$  в крови снижалось на 17%. Содержание мужского полового гормона увеличивалось на 15-20 % в первые часы и сутки после лучевого воздействия. В отдаленные сроки наблюдения (12 мес.) уровень Т в крови снижался на 15%;

- при однократном облучении животных в дозе 10 Гр наблюдались глубокие патологические нарушения в функционировании щитовидной и половых желез в ранние сроки после радиационного воздействия: через 1 час содержание  $T_3$  в крови увеличивалось на 70%, через сутки - уменьшалось на 12% по сравнению с контролем, в то время как уровень ТТГ повышался (по-видимому, компенсаторно). Через 72 ч уровень  $T_3$  вновь увеличивался на 120% по сравнению с контролем.

Тиреотропная реакция гипофиза через 1 ч и 3 сут не изменялась. Содержание андрогенов в крови резко снижалось в ранние сроки после облучения;

- фракционированное облучение в суммарной дозе 1 Гр сопровождалось сходной с однократным облучением в той же дозе динамикой изменений в содержании  $T_3$  и  $T_4$ : активизация функций щитовидной и половых желез в первые часы и сутки после облучения чередовалась с их нормализацией на 7-ые сутки. В отдаленные сроки (1-9 мес.) отмечалось повышение функциональной активности желез, сменяющееся их угнетением через 12 мес. наблюдения. Тиреотропная функция гипофиза во все исследуемые сроки не отличалась от интактного контроля.

- фракционированное облучение в суммарной дозе 10 Гр оказывало на организм животных менее выраженное патологическое влияние по сравнению с однократным рентгеновским воздействием в той же дозе. Динамика изменений в содержании исследуемых гормонов, скорее всего, сходна с таковой в группе однократно облученных животных в дозе 1 Гр. Через 1 и 24 ч после облучения наблюдалось повышение уровня  $T_3$  в крови, при этом уровень ТТГ через 1 ч оставался в пределах нормы, а через сутки - достоверно снижался. Вторичное повышение функциональной активности щитовидной железы обнаружено нами через 7 сут и 1 мес. после облучения. В более поздние сроки наблюдения содержание  $T_3$  в плазме крови восстанавливалось, однако через 12 мес. после облучения отмечалось угнетение функции щитовидной железы, в то время как тиреотропная реакция гипофиза не отличалась от контроля. Значительные изменения в содержании  $T_4$  во все сроки исследования обнаружено не было. Исключение составляло снижение функциональной активности половых желез через 12 месяцев после облучения.

Таким образом, динамика реагирования щитовидной и половых желез на воздействие ионизирующего излучения разной дозы и продолжительности действия имеет общий характер: первичное усиление функциональной активности в ранние сроки (1, 24, 72 ч), вторичная активация - через 3-9 месяцев, истощение - через 12 мес. после облучения. Обнаруженные нами изменения функционального состояния периферических желез носят, по-видимому, компенсаторно-приспособительный характер, а угнетение функций через 12 месяцев после облучения свидетельствует о снижении реактивности желез и нарушении механизмов нейроэндокринной регуляции в ответ на действие радиационного фактора. Кроме того, следует подчеркнуть, что при дробном облучении животных функциональные изменения в гипофиз-тиреоид-гонадном звене существенно не отличаются.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $^{90}\text{Sr}$ В ДРЕВЕСИНЕ PARTICULARITY DISTRIBUTION $^{90}\text{Sr}$ INTO TREES

Бузынный М.Г., \*\*Демчук В.В., Лось И.П., \*Несветайло В.Д.

Научный центр радиационной медицины АМН Украины, Украина, г.Киев, \*Институт биологии и биофизики Томского государственного университета, Россия, г.Томск, \*\*Институт радиозэкологии академии аграрных наук Украины, Украина, г.Киев

Годичные кольца деревьев несут информацию об усвоении в них в течение года различных веществ: микроэлементов и радионуклидов. Наиболее информативны радионуклиды: радиоуглерод и тритий, для которых последующие измерения дают возможность восстановить хронологический ход процессов усвоения. Эти радионуклиды как и их стабильные элементы включаются в структуру древесины, которые в дальнейшем не подвержены (или только частично подвержены) влиянию обменных процессов. Поведение  $^{90}\text{Sr}$  в биологических структурах: растениях и живых организмах определяется его метаболическими особенностями.

Изучению миграции  $^{90}\text{Sr}$  в лесном биогеоценозе уделено значительное внимание в исследованиях, проведенных по глобальным выпадениям [1, 2, 3]. Однако подробно распределение  $^{90}\text{Sr}$  в дереве не рассматривалось на уровне глобальных выпадений: относительно невысокие уровни и невысокая чувствительность применяемого на тот момент оборудования требовали подготовки больших образцов, в силу чего работа по отдельным кольцам была связана с огромными трудозатратами. Тем не менее в работах уже тогда, наряду с описанием процесса загрязнения древесины и других элементов биогеоценоза, приводится информация о значительном загрязнении древесины, сформировавшейся до момента наступления загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  [1, 2, 3]. Наблюдаемая тенденция кумулятивного накопления стронция в структурах древесины способствует глубокому проникновению стронция в ствол- формированию некоторого следа. Нами предполагается различить особенности этого следа на уровне исследования удельной активности древесины отдельных годичных колец, его возможную хронологичность. Выявлению возможных закономерностей в распределении  $^{90}\text{Sr}$  в древесине сосны и их дальнейшему использованию для целей ретроспективной оценки хронологии его поступления посвящена настоящая работа.

Пробы древесины тщательно разделялись по годичным кольцам. Это исключало взаимное влияние древесины соседних колец более, чем на 1%. Однотипно приготовленные "тонкие" образцы помещались в гелеобразный сцинтиллятор (10мл воды +10мл Luma Gell) и измерялись при помощи жидкостно-



сцинтилляционного спектрометра Quantulus 1220™, фирмы Wallac. Для расчета активности проб анализировался высоко-энергетичный участок спектра соответствующий  $^{90}\text{Y}$ . Для калибровки использованы пробы, приготовленные аналогично счетным образцам, на основе стандартных растворов  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  и  $^{137}\text{Cs}$  (См. рис. 1).

Для выбора наиболее оптимального энергетического окна проанализированы результаты множественной обработки спектров (10 вариантов по 150 спектрам проб). Оптимизация проведена по следующим параметрам: устойчивость результата, максимальное значение параметра качества (Figure of Merit) измерений ( $\text{FOM} = E^2 \cdot \text{BG}^{-1}$ , E-эффективность; BG- фон), минимальное влияние на результат активности  $^{137}\text{Cs}$ . Результаты оптимизации сведены в табл. 1. В таблице выделена часть наиболее оптимальных вариантов и варианты с максимальными значениями параметров оптимизации. В дальнейшем при анализе использованы результаты полученные для окна с нижней границей, равной 570. На рис. 2 представлены частотные распределения, выражающие относительное различие результатов расчета активности проб по различным окнам по отношению к наиболее оптимальному окну.

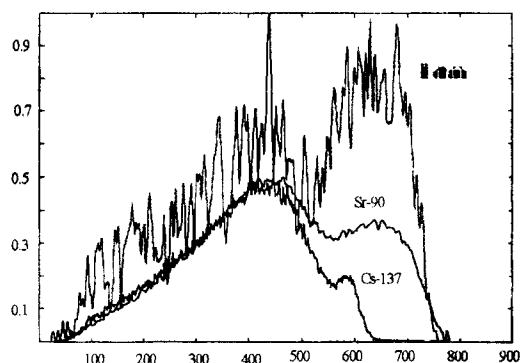


Рис. 1. Спектры бета-излучения наиболее значимых радионуклидов, составляющих загрязнение древесины, и одной контрастной пробы.

каналов

Характерные места пробоотбора выбраны с ориентиром по Западному следу для расстояний от ЧАЭС 2 - 32 км (2.5, 5.4, 7.3, 13.8, 17.4, 23.1, 32.4 км от ЧАЭС); что соответствует образцам 95\_3, 95\_4, 95\_5, 95\_6, 95\_7, 95\_8. Полученные распределения  $^{90}\text{Sr}$  по годичным кольцам дерева для ряда анализируемых образцов приведены на рис. 3. Распределение  $^{90}\text{Sr}$  в годичных кольцах характеризуется следующими характерными особенностями: принципиальное отличие формы распределения  $^{90}\text{Sr}$  по отношению к  $^{137}\text{Cs}$ ; удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в коре в 2.0-3.0

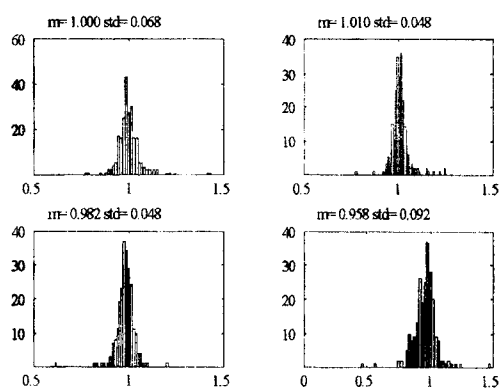


Рис. 2. Частотное распределение относительного отличия расчетов активности по массиву проб (150 шт.) для окна 570 -1024

раза выше активности  $^{90}\text{Sr}$  в первых наружных кольцах; удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в глубе в 5.0-10.0 раз выше активности  $^{90}\text{Sr}$  в наружных кольцах; наблюдается спад активности  $^{90}\text{Sr}$  по мере заглубления внутрь ствола, за которым следует плато; за плато наблюдается выраженный пик и дальнейший относительно резкий спад активности по мере углубления к сердцевине дерева до величины, которая составляет при максимальном заглублении в середину дерева до 1/10 - 1/100 от максимальной; в зависимости от возраста дерева (количества колец в исследуемом дереве) наблюдаемая картина реализуется вся или только ее часть.

Некоторое отличие от этой картины наблюдается для распределения  $^{90}\text{Sr}$ , полученного для ели (проба 95\_8): спад активности  $^{90}\text{Sr}$  по мере продвижения внутрь ствола после максимума менее выражен, менее контрастна картина внутри ствола - наблюдается плато. Для образцов, отобранных по диаметрально-противоположным направлениям относительно центра дерева, общая закономерность соблюдается, хотя наблюдаются устойчивые отличия, см. рис. 3, заключающиеся в неравномерности распределения активности  $^{90}\text{Sr}$  по одному годичному кольцу (различные участки).

Таблица 1

Оптимизация выбора участка спектра для расчета активности  $^{90}\text{Sr}$  в пробах древесины: среднее и стандартное отклонение для взаимных соотношений различных вариантов счетных окон

N	Окно	Среднее значение					Стандартное отклонение				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1	1	1.103	1.092	1.117	1.167	0	0.417	0.380	0.460	0.626
2	550	0.965	1	<b>0.992</b>	1.005	1.035	0.180	0	<b>0.044</b>	0.087	0.161
3	570	0.975	<b>1.010</b>	1	<b>1.013</b>	1.041	0.190	<b>0.044</b>	0	<b>0.057</b>	0.122
4	590	0.970	1.001	<b>0.990</b>	1	1.027	0.207	0.071	<b>0.051</b>	0	0.078
5	610	0.954	0.980	0.969	0.978	1	0.218	0.098	0.079	0.058	0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены данные о распределении  $^{90}\text{Sr}$  по глубине ствола дерева и их предварительная описательная характеристика. Установлена существенная неравномерность распределения  $^{90}\text{Sr}$  по глубине ствола дерева, что дает основание считать, что в процессе переноса  $^{90}\text{Sr}$  по стволу сосны участвуют все годичные кольца дерева. Перераспределение  $^{90}\text{Sr}$  между годичными кольцами дерева в случае сосны есть и весьма существенное. Наличие выраженного пика в распределении  $^{90}\text{Sr}$  по годичным кольцам указывает как на неравномерность поступления, так и на неравномерность распределения  $^{90}\text{Sr}$  в годичных кольцах дерева. Установлено, что за 10 послеаварийных лет в процессы переноса  $^{90}\text{Sr}$  вовлечено вплоть до 45 годичных колец сосны (по исследованным образцам).

деревьев). При этом максимальная удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  соответствует годичным кольцам древесины, сформированным задолго до начала поступления  $^{90}\text{Sr}$ . Особенности распределения  $^{90}\text{Sr}$  в годичных кольцах сосны дают предположение о возможности использования их для решения задачи ретроспективного определения динамики и других особенностей миграции  $^{90}\text{Sr}$  аварийных выпадений.

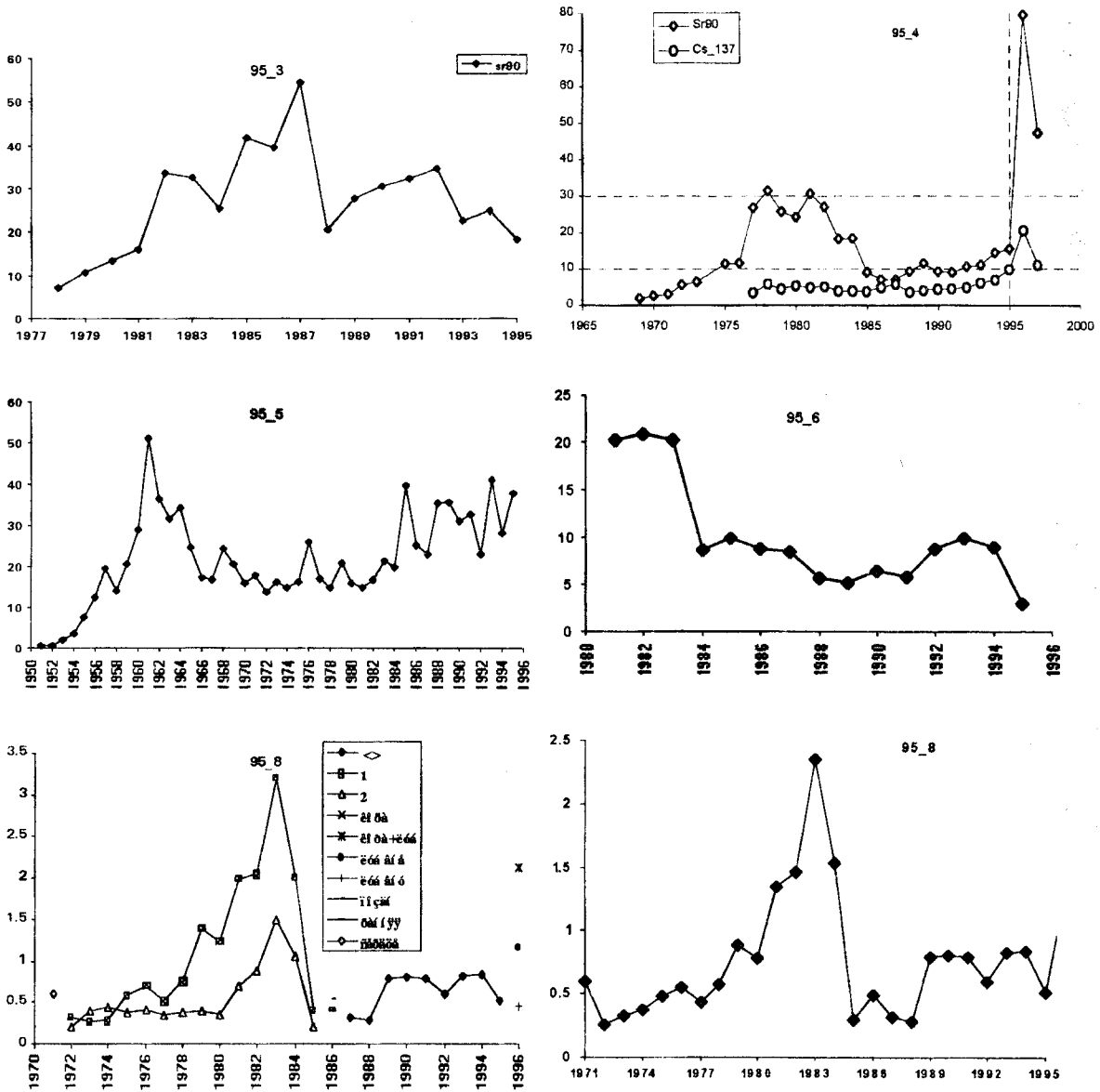


Рис. 4. Распределение удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  по годичным кольцам дерева (КБк·кг<sup>-1</sup>) для проб, отобранных осенью 1995 года - слева- направо и сверху вниз по мере удаления от ЧАЭС. Для пробы **95\_4** одновременно показаны распределения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , а кроме того, для контраста приведены активности луба и коры. Два нижних рисунка ель: слева - результаты для диаметральных противоположных вариантов щепления, справа- усреднение по всем пробам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. 1977.
2. Абатуров Ю.Д., Халтурина Л.Г. О распределении  $^{90}\text{Sr}$  в березе, липе, дубе и сосне. - "Труды Ин-та экологии растений и животных УФ АН СССР", 1968, вып. 62.- С.119.
3. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А., Бочарова М.А. К вопросу об особенностях и количественном прогнозировании кумулятивного накопления  $^{90}\text{Sr}$  в древесных растениях. - "ДАН СССР", 1970, 193, №5. С.1192.
4. Особенности распределения  $^{90}\text{Sr}$  в древесине / Бузынный М.Г., Лось И.П. Несветаило В.Д. Демчук В.В. // Методы жидкостно-сцинтилляционного счета в радиозологии", 1995. Вып.1. Сб. / Науч. центр радиац. медицины АМН Украины.- Киев, 1996. -С.28-35. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 22.01.96, №341 -Ук96.

### РАДИОАКТИВНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ШЛЕМНИКЕ БАЙКАЛЬСКОМ

#### RADIOACTIVE AND RARE EARTH ELEMENTS IN SCUTELLARIA BAICALENSIS

Банаева Ю.А., \*Пшеничкин А.Я.

Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, тел. (3832) 354134, \*Томский политехнический университет, 634034, г.Томск, пр.Ленина, 30, тел. (3822) 415606

Микроэлементы играют важную роль в жизнедеятельности организмов. Они могут выступать в качестве активаторов жизненных процессов, действуя на ферменты и генетический аппарат клеток, или вызывать различные патологические изменения в организме. Избыток или недостаток микроэлементов может вызывать те или иные заболевания. Например, низкий уровень селена приводит к селенодефицитной кардиомиопатии, избыток - влияет на развитие сердечно-сосудистых заболеваний; торий токсичен, способствует появлению злокачественных опухолей, угнетает дыхательные процессы; уран является "почечным ядом". Роль редкоземельных элементов в обмене веществ изучена слабо. Имеются показания, что у хронических алкоголиков накапливаются в селезенке значительные количества самария и европия и т.д. Этим обуславливается важность оценки уровня накопления металлов в растениях, особенно в лекарственных и, в частности, в шлемнике байкальском.

Корни шлемника байкальского широко применяются в народной (Китай Тибет, Япония) и в официальной медицине. В последнее время появились сведения о применении препаратов из корней шлемника при онкологических заболеваниях. Поэтому нами было проведено изучение уровней накопления микроэлементов в почве и в разных частях шлемника (корни, стебли, листья, цветы семена), отобранного из естественных мест произрастания (юго-западное Приморье, среднее Приамурье, Забайкалье) и интродуцированного в Центральном Сибирском ботаническом саду СО РАН.

Уран определялся методом f-радиографии в корнях шлемника произрастающего над одним из урановых рудопроявлений Восточного Забайкалья и за его пределами. Во всех изученных корнях выявлены как единичные треки от осколков деления урана в количествах от 669 до 1124 на 1 см<sup>2</sup> (рассеянная форма урана), так и звездчатые скопления в количествах 3-11 на 1 см<sup>2</sup> (минеральная форма урана). В звездчатых скоплениях количество треков составляет 2-12. Наибольшее количество треков и их звездчатых скоплений отмечено в корнях шлемника, растущего над рудопроявлением. За его пределами количество треков и их скоплений уменьшается до минимума. Наблюдается увеличение их количества с возрастом растения.

Другие микроэлементы определялись нейтронно-активационным анализом из навески 150 мг воздушно-сухого сырья (табл. 1,2).

Таблица 1  
Средние содержания (10<sup>-4</sup>%) микроэлементов в шлемнике байкальском по данным нейтронно-активационного анализа (НИИ ЯФ ТПУ).

Элемент	Почва n=24	Корни n=33	Стебли n=16	Листья n=15	Цветы n=14
Торий Th	<u>2,9-63,7</u> 13,2	<u>0,08-5,0</u> 0,7	<u>0-0,5</u> 0,08	<u>0,03-3,23</u> 0,5	<u>0,04-0,88</u> 0,3
Селен Se	<u>0-1,04</u> 0,043	<u>0-0,52</u> 0,024	<u>0-0,58</u> 0,053	<u>0-0,43</u> 0,029	н.о.
Рубидий Rb	<u>0,5-182,2</u> 67,0	<u>0,37-44,0</u> 7,5	<u>0,5-5,2</u> 1,2	<u>0,2-7,4</u> 2,0	<u>0,1-4,9</u> 2,7
Скандий Sc	<u>1,5-17,6</u> 8,0	<u>0,01-5,3</u> 0,6	<u>0,01-10,5</u> 0,7	<u>0,1-1,43</u> 0,2	<u>0,03-0,93</u> 0,2
Цезий Cs	<u>0,95-118,7</u> 27,7	<u>0,14-21,1</u> 2,0	<u>0,23-1,81</u> 0,3	<u>0,17-0,67</u> 0,1	<u>0,07-0,33</u> 0,07
Лантан La	<u>7,8-84,0</u> 31,1	<u>0,06-18,8</u> 2,4	<u>0,11-0,75</u> 0,2	<u>0,19-5,21</u> 0,9	<u>0,08-1,32</u> 0,6
Церий Ce	<u>15,4-121,7</u> 51,2	<u>0,46-26,8</u> 4,3	<u>0,34-1,27</u> 0,4	<u>0,26-6,76</u> 1,3	<u>0,46-2,48</u> 0,9
Самарий Sm	<u>0,84-10,9</u> 4,9	<u>0,02-12,8</u> 4,2	<u>0,01-0,14</u> 0,04	<u>0,01-0,59</u> 0,1	<u>0,02-0,23</u> 0,1
Европий Eu	<u>0,3-6,2</u> 1,3	<u>0,021-0,71</u> 0,07	<u>0-0,27</u> 0,15	<u>0,008-0,13</u> 0,018	<u>0-0,038</u> 0,01
Лютеций Lu	<u>0,3-2,5</u> 0,7	<u>0,16-5,12</u> 0,2	н.о.	н.о.	<u>0-0,02</u> 0,002
Гафний Hf	<u>2,15-25,4</u> 6,9	<u>0,06-1,9</u> 0,3	<u>0,02-0,62</u> 0,06	<u>0,02-0,93</u> 0,2	<u>0,06-0,22</u> 0,06

Таблица 2

Суммарное содержание микроэлементов (корень+стебель+листья+цветы)  
в шлемнике байкальском (10<sup>-4</sup>%) из разных мест произрастания

Элемент	Борзя- Приаргунский район	Карымо- Нерчинский район	Приамурье	Приморье	ЦСБС
Торий Th	1,3	1,1	0,3	0,24	1,9
Гафний Hf	0,7	0,8	0,1	0,24	0,47
Скандий Sc	1,0	1,5	0,4	0,4	2,1
Рубидий Rb	13,6	17,2	9,4	15,9	2,8
Цезий Cs	4,4	3,7	0,04	0,8	0,5
Селен Se	н.о.	н.о.	0,52	н.о.	0,17
Лантан La	4,0	3,8	2,6	3,3	3,0
Церий Ce	7,3	7,1	4,5	3,2	4,6
Самарий Sm	0,8	0,7	0,3	0,5	0,6
Лютеций Lu	0,5	0,02	0,01	н.о.	н.о.
Европий Eu	0,36	0,1	0,03	0,06	0,06

Полученные результаты показывают, что в шлемнике байкальском накапливаются Th, Hf, Sc, Rb, Cs, Se, La, Ce, Sm, Lu, Eu, уровень концентраций которых различен как для шлемника из разных мест произрастания, так и для разных частей растения (табл. 1,2).

Установлено, что большинство элементов накапливаются в корнях шлемника. При этом наибольшие концентрации отмечаются для Rb, Ce, Sm, La, Cs в корнях растения из Забайкалья.

Ряд элементов накапливается преимущественно в стеблях - Eu (Борзя), Cs (Приморье, ЦСБС), селен (ЦСБС) или листьях - Se, Sm (Приамурье). Аномально повышенные концентрации отмечаются для Th (1,1 г/т), La (1,8), Ce (2,4), Hf (0,3), Sm (0,3), Cs (0,2), Eu (0,04 г/т) в листьях шлемника из ЦСБС.

В цветах и семенах шлемника уровень накопления микроэлементов часто много ниже, чем в других частях растения. Однако в цветах шлемника из Приамурья накапливается Sm (0,1 г/т), Lu (0,01 г/т), Rb (3,5 г/т). Концентрация Rb в цветах шлемника из ЦСБС такая же, как и в корнях (0,9 г/т). В семенах постоянно обнаруживаются Sm (0,104-0,112 г/т), La (0,08-0,22), Sc (0,04-0,1), Rb (0,83-1,43). Hf (0,13 г/т), но не установлены Ce, Eu, Th, Cs при наличии их в других частях растения.

В большинстве случаев устанавливается уменьшение содержаний микроэлементов от корня шлемника к стеблю, листьям, цветам. Однако в интродуцированном шлемнике в ЦСБС (молодые растения) микроэлементы накапливаются, в основном, в надземной части растения.

Совместно с сотрудниками лаборатории экспериментальной химиотерапии НИИ фармакологии ТНЦ АМН была проанализирована противораковая активность препаратов из корней шлемника байкальского четырех Забайкальских популяций и надземной части растений, интродуцированных в ЦСБС (Разина, Пшеничкина).

1988). Оказалось, что экстракты из разных образцов сырья шлемника обладали разной противоопухолевой активностью. Так, масса опухоли в группе мышей получавших экстракт из сырья Бишигинской популяции, была достоверно меньше ( $p=0,05$ ), чем у контрольных животных. Масса опухоли у мышей, принимавших экстракт из сырья Тасуркайской цепопопуляции не отличалась от такого показателя в контроле. В группах мышей, которым вводили экстракт из корней Борзинской Октябрьской популяций и экстракт из **н а д з е м н о й** части шлемника выращенного в ЦСБС, наблюдалась устойчивая тенденция к уменьшению массы опухолей у животных.

Несомненно, что основная роль в процессе торможения роста опухоли принадлежит биологически активным веществам шлемника. Однако и микроэлементы играют определенную роль. Так, между торможением роста опухоли у мышей и содержанием микроэлементов в корнях и надземной части шлемника наблюдается довольно четкая зависимость: прямая - для Sc, Sm, Eu, Ce, Th и обратная - для рубидия, урана.

Таким образом, приведенные исследования впервые показали, что в шлемнике байкальском накапливаются радиоактивные и редкоземельные элементы и он является чувствительным индикатором среды обитания. При применении шлемника байкальского (да и других лекарственных растений) в фармакологии необходимо изучать и учитывать микроэлементный состав и их биологическую активность, наряду с биологически активными веществами самих растений.

## **ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИХТОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА В РАДИАЦИОННО НАПРЯЖЕННЫХ РАЙОНАХ**

**THE PERSPECTIVE OF USE THE FIR-TREE PREPARATIONS FOR THE RISE  
OF RESISTIBILITY OF ORGANISM IN THE RADIATION STRAINED DISTRICTS**

Костеша Н.Я.

НИИ биологии и биофизики при Томском Госуниверситете, Россия,  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Целебные свойства пихты известны издавна - еще 5 тысяч лет назад ее иглами пользовали больных в древнем Шумерском государстве. Гиппократ рекомендовал при различных внутренних болезнях масло пихты, настой из молодых ее почек. Отваром и настоем из игл и коры люди спасались от

авитаминоза, при простудных заболеваниях принимали ванну с пихтовыми лапками. Чтобы быстрее заживали раны, знаменитый хирург Н.И. Пирогов применял бальзамические вещества, изготовленные из хвои пихты. В годы Великой Отечественной войны в нашей стране было налажено производство пихтовой мази. Ее широко использовали в военных госпиталях при лечении ран, обморожений, ожогов.

Установлено, что хвойные настои показаны при туберкулезе, стенокардии, атеросклерозе, бронхиальной астме, глаукоме и многих других недугах. В ноябре 1942 г. коллектив специально созданного в Томске химфармбюро разработал эффективное средство на основе пихтового масла для лечения долго незаживающих ран.

Среди фармакологических свойств пихтовых препаратов наряду с тонизирующим, общеукрепляющим следует отметить активацию функций половых желез и гормональной системы. Определяющей чертой препаратов из пихты является противовоспалительное и бактерицидное действие. А в основе многих заболеваний лежит именно воспаление. Отсюда и универсальность пихты. К тому же - и это главное - пихтовые лекарства обладают удивительным "фактором проницаемости"; их биологически активные вещества легко проникают сквозь кожу и ткани непосредственно к самому очагу болезни. Не случайно пихтовые препараты применяют даже при поражении нервных стволов.

По своему составу хвоя пихты является очень богатой биологически активными веществами (БАВ). Она содержит эфирные масла, витамины С, К1, Р, В2, Е, каротин, фитонциды, хлорофиллин и ряд других ценных продуктов. Использование в народном хозяйстве хотя бы половину той хвои, которая ежегодно сжигается на лесосеках, может дать свыше триллиона рублей экономии.

Основными направлениями использования древесной зелени могут быть:

1. В медицине - для изготовления различных белково-витаминных и фитонцидных препаратов, хлорофилло-каротиновых паст, настоев, экстрактов.
2. В животноводстве - производство витаминных и микроэлементных добавок к рационам сельскохозяйственных животных, птиц, зверей.
3. В производстве комплексных микроудобрений.

В хвое *Abies Sibirica*, как уже было сказано, содержатся БАВ, содержание которых не уступает другим хорошо изученным одомашненным растениям. Например, в ягодах черной смородины содержится 124-165 мг% витамина С. в лапке пихты - 200-300 мг%, Содержание каротина в хвое не меньше чем в моркови и составляет 150-180 мг%. Ценнейший продукт хлорофиллин в хвое содержится в количестве 700-1730 мг/кг. Известно, что зеленые пигменты при введении их в организм животных способствуют увеличению в крови гемоглобина и



эритроцитов, что благоприятно сказывается на продуктивности животных с одной стороны, а с другой стороны, может применяться как терапевтическое средство.

Препараты из пихты или отдельные компоненты применялись в медицинской практике и оказывали положительное действие. Некоторые препараты экспериментально исследовались на животных. Так, Егоров В.В. (1986г.) изучал влияние пихтового масла на регенерацию роговицы при экспериментальной язве. Анализ полученных результатов показал, что на 15 день после травмы отмечается рост митотической активности эпителия в группе животных, получавших пихтовое масло (8,4 против 5,4 в контроле)

Исследованиями влияния феофитина на функциональное состояние печени животных, отравленных 4-хлористым углеродом установлено, что всего 10 инъекций по 2,5 мг/кг веса нормализуют функциональное состояние печени.

Интересные исследования проведены Берлинсоном (1973г.), где для предупреждения лучевой болезни применялся хлорофиллин натрия (по 0,25-0,75 мг/кг в течение 10-28 суток). Установлено, что после применения хлорофиллина лучевая лейкопения у детей не развивалась, наблюдалась стимуляция гемопоза. Эффективность хлорофиллина была выше, чем трансфузия крови, применение лейкогена, метацила, тезана, нуклеиново-кислого натрия, цистамина, витамина B6 B12 и др.

Ускорение репаративных процессов в ране под действием пихтового масла показано в исследованиях Валькова В.И. и др. (1986г.) Ускорение репарации обусловлено высокой дифференцировкой новообразующих сосудистых систем.

Особого внимания заслуживает работа Запорожец Л.Н. и Скворцовой В.А. (1967 г.), в которой применяли препарат пихты с целью профилактики осложнения пупочной раны у новорожденных. У 477 детей пуповинный остаток орошали спиртово-солевым препаратом из хвои сибирской пихты. Контрольной группе (375 детей) пуповинный остаток обработали 0,02% спиртовым раствором грамицидина С. Бактериологические исследования показали, что до обработки пупочной раны среднее микробное число составляло 562,8, после обработки этот показатель снизился до 59,1. После применения пихтового препарата пуповинный остаток отпал в период с 1-х по 5-е сутки у 92,2% новорожденных, а после обработки 0,02% раствором грамицидина С в указанный период он отпал только у 77,8% детей. Препарат из хвои пихты сибирской не оказывал повреждающего действия на кожу новорожденных.

В некоторых исследованиях изучали влияние отдельных компонентов входящих в состав пихты. Так, Виленчиком М.М. (1988г.) показано выраженное радиозащитное действие природных каротиносодержащих препаратов. Автором делается предположение, что механизм действия каротиноидов заключается в их

антиоксидантном действии. В продолжение этой гипотезы белорусскими учеными (1988г.) исследовалось влияние антиоксидантного комплекса на функции некоторых органов при острой лучевой болезни. В качестве антиоксидантного комплекса использовался комплекс витаминов. При тотальном облучении мышей в летальных дозах введение им антиоксидантного комплекса сохраняло жизнь 50% животных при 100% гибели в контроле. Сравнение эффектов с действием мексамина на облученных животных показало, что применение антиоксидантного витаминного комплекса более эффективно при лучевой патологии, чем сильного радиопротектора - мексамина. Имеется целый ряд работ о влиянии витаминов, вводимых в облученный организм, в качестве пищевых добавок. Так, Бухманом (1967г.) установлено, что введение в рацион удвоенной физиологической дозы аскорбиновой кислоты и рутина повышало выживаемость облученных животных, ускоряло восстановление гематологических показателей. Длительное профилактическое введение в рацион витамина В6 также увеличивало выживаемость белых крыс. Введение в рацион тиамин снижало смертность и регулировало отложение жира в печени. Витамины В1, В2, В6 и фолиевая кислота, введенные в рацион в утроенной физиологической дозе способствовали более раннему восстановлению после облучения количества липидов в крови, большей продолжительности жизни, более благоприятному использованию веществ в промежуточном обмене в период частичного голодания и меньшему накоплению жира в печени.

#### **Радиотерапевтические свойства АБИСИБа - экстракта пихты сибирской**

Интегральным показателем радиозащитных свойств любого предлагаемого препарата является выживаемость животных при облучении их в летальных и сублетальных дозах. Поэтому на белых крысах обоего пола проведены эксперименты по исследованию радиозащитного действия АБИСИБа. Животные облучались в дозах 8, 7,5, 6 Гр. ( $U=250$  кВ,  $I=15$  мА, фильтр Сu 0,5 мм). При облучении в дозе 8 Гр. (абсолютно летальная доза) разницы в выживаемости между контрольной и опытной группами животных не выявлено.

Однако уже при облучении 7,5 Гр (летальная) мы получили достоверные различия в выживаемости: после облучения контрольной группе животных ежедневно в течение 20 дней *per/os* вводили воду по 1,0 мл, а опытной группе по 1,0 мл препарата АБИСИБ.

Выживаемость животных при введении препарата увеличилось до 30 %. При облучении животных в более низких дозах выживаемость увеличивалась до 50-60 % (таблица 1).

Таблица 1.

## Влияние АБИСИБа на выживаемость облученных крыс

Доза, Гр	Выживаемость за 30 дней, %	
	Контроль	Опыт
8	0	8
7,5	10	37
7	12	63
6	87	100

Примечание: в каждой группе находилось от 24 до 32 крыс

Интересным моментом, на наш взгляд, является динамика гибели облученных животных обеих групп: АБИСИБ способствует не только увеличению выживаемости животных, но и изменяет клиническое течение острой лучевой болезни. Так при дозе 7,5 Гр. в контрольной группе животных к 30-м суткам после облучения лишь 10 % животных выживали, в то время, как в опытной - 37%.

Как видно из представленной таблицы, практически во всех сериях экспериментов отмечаются следующие закономерности:

1. Сдвиг гибели облученных животных на более отдаленные сроки в случае применения АБИСИБа.

2. Резкое увеличение выживаемости животных при применении препарата.

Мы предполагали, что эффект обусловлен, прежде всего, действием препарата на кроветворную систему. Исследования состояния кроветворения облученных животных подтвердили нашу гипотезу: к 20-м суткам лучевой болезни лейкопения, лимфопения облученных животных составляла 25-30% исходного уровня, в то время, как у животных, получавших АБИСИБ, этот показатель изменился незначительно (таблица 2).

Таблица 2

## Морфофункциональные показатели крови крыс, получавших АБИСИБ, на 20-е сутки после облучения (7Гр)

Показатели	Группы животных		
	Исходный уровень	Контроль	Опыт
Лейкоциты	9,2±1,6	2,6±0,4*	6,4±1,1*
Эритроциты	4,9±0,8	4,4±0,7	5,1±0,9
Гемоглобин	13,3±1,1	11,5±0,7	13,7±1,4
СОЭ	3,2±1,2	17,5±3,0*	6,5±1,6**

\* - достоверные различия относительно исходного уровня;

\*\* - достоверные различия между контрольными и опытными животными.

Таким образом, исследование радиозащитного действия препарата АБИСИБ показывает выраженные терапевтические свойства, как при острой, так и при хронической формах лучевой болезни. Это обстоятельство заставило нас провести сравнительный радиобиологический анализ биологического действия различных растительных препаратов. Мы остановили свой выбор на таких препаратах, как

женьшень и элеутерококк. Эти препараты содержат биологически активные вещества, действующие на центральную, вегетативную нервную систему, на обменные процессы и пр. Они обладают и радиозащитными свойствами. Однако процесс выживаемости животных, получающих женьшень и элеутерококк, ниже, чем при лечении АБИСИБом. Это обстоятельство заставляет исследователей более глубоко изучить механизмы действия изучаемых препаратов.

**ВЛИЯНИЕ ХВОЙНОГО ЭКСТРАКТА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ НА  
СИСТЕМУ КРОВИ ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС**  
THE EFFECT OF ABIES SIBIRICA PINENEEDLS EXTRACT ON BLOOD-  
SYSTEM OF RAT SAFTER X-RAY IRRADIATION

Вымятина З.К., Лопухова В.В., Костеша Н.Я., Полторацкая Т.Н.  
НИИ биологии и биофизики, Томский государственный университет,  
Россия, г. Томск

Клиническое течение и исход лучевого поражения в широком диапазоне доз определяется прежде всего степенью нарушения и последующего восстановления кроветворной системы, поэтому вещества, обладающие гемостимулирующими свойствами, привлекают особое внимание радиобиологов. Одним из таких препаратов является водный экстракт пихты сибирской - Абисиб, богатый витаминами, флавоноидами, макро- и микроэлементами. В нашей работе изучалось влияние Абисиба на некоторые показатели периферической крови и иммунитета у облученных в сублетальной дозе крыс. Эксперименты проводились на беспородных белых крысах-самцах массой 200-220 г, облученных на рентгеновской установке в дозе 5,5Гр. Животных контрольной группы в течение месяца перед облучением поили водой. Опытных крыс - водным экстрактом пихты сибирской (по 1 мл на животное 6 раз в неделю).

Результаты наших исследований показали, что степень проявления постлучевых изменений в картине крови у крыс, получавших Абисиб, была значительно меньше. Так, у животных опытной группы абсолютные показатели количества эритроцитов были выше, чем у контрольных, а постлучевая анемия развивалась позже. Кроме того, по нашим данным, у опытных крыс отмечались менее выраженные нарушения физико-химических свойств плазмы и эритроцитов - более быстрое восстановление СОЭ и повышение осмотической резистентности эритроцитов. Еще более отчетливые различия зарегистрированы в динамике лейкоцитов. Уже в первые сутки после облучения количество белых кровяных телец снизилось почти в 4 раза у

контрольных и только в 1,8 раза у опытных крыс. В дальнейшем по мере развития лучевой болезни лейкопения у контрольных крыс прогрессировала и через 20 дней число лейкоцитов составило 18 % от исходной величины. У животных, получавших до облучения Абисиб, максимальная лейкопения отмечена на 7 сутки, а затем началось восстановление и к концу наблюдения количество лейкоцитов составило 69 % от нормы. В лейкограмме отмечался гранулоцитоз, главным образом нейтрофильный, а также появление несвойственных крови интактных животных миелоцитов юных и палочкоядерных нейтрофилов. Кроме того, наблюдалось резкое снижение числа лимфоцитов. Несмотря на то, что лимфопения была характерна для обеих групп, у опытных крыс количество лимфоцитов существенно превышало соответствующую величину у контрольных, особенно в ранний период болезни. Динамика лимфоидных клеток, которым свойственна высокая радиочувствительность и подверженность интерфазной гибели, в значительной степени определяет состояние иммунной системы и исход болезни в целом. Кроме того, для обеих групп был характерен моноцитоз, более выраженный у контрольных животных. Стойкий моноцитоз отмечается при хронических затяжных воспалительных процессах и может быть связан с разрушением лимфоидной ткани. Наблюдаемые изменения лейкограммы сохранялись в течение длительного времени после облучения.

Сдвиги со стороны форменных элементов периферической крови отражают изменения, возникающие в костном мозге, лимфатических узлах и селезенке. Клеточность костного мозга, по мнению многих авторов, наиболее адекватно характеризует степень лучевого поражения организма. В наших экспериментах в первые 7 дней после облучения происходило существенное снижение клеточности костного мозга в обеих группах. Следует отметить, что системы, контролирующие последовательность и темп восстановления кроветворной ткани, достаточно радиоустойчивы и уже через неделю после облучения в сублетальной дозе, каковой безусловно является доза в 5,5 Гр, появляются первые признаки регенерации кроветворных клеток. Процесс регенерации был выражен сильнее в группе крыс, получавших до облучения Абисиб (через 15 дней после облучения количество клеток костного мозга у опытных крыс составило 94,8 % от исходного, а у контрольных - 68 %). Это может быть связано как с усилением пролиферативной активности выживших стволовых клеток, так и с миграцией в костный мозг кровяных клеток (в первую очередь лимфоцитов) из периферической крови и тимуса.

Иммунная система у облученных животных страдает чрезвычайно сильно причем это касается всех исследуемых параметров. Направленность изменений относительного количества В-лимфоцитов в контрольной и опытной группах была противоположной - у контрольных крыс отмечалось неуклонное снижение, у опытных - нарастание числа В-клеток. Аналогичная картина отмечалась для субпопуля-

ции Т-клеток. Нарастание Т- и В-лимфоцитов у крыс, получавших до облучения Абисиб, свидетельствует о готовности к формированию иммунного ответа, особенно выраженной в первый период развития патологического процесса. На более поздних этапах значительные нарушения показателей клеточного иммунитета характерны для обеих групп. О формировании в опытной группе быстрой защитной реакции свидетельствовало и более высокое количество иммуноглобулина М - антитела первичного ответа (0,44 мг/мл у опытных против 0,13 мг/мл у контрольных животных). В более поздние сроки наблюдения количество сывороточного иммуноглобулина М снижается, что по-видимому, отражает блокирование его синтеза.

Наиболее отчетливо различия между опытной и контрольной группами проявились в динамике циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), содержащих в себе иммуноглобулин М в качестве антитела и компоненты системы комплемента и способных взаимодействовать с большинством иммунокомпетентных клеток и с клетками моноцитарно фагоцитарной системы. Низкий уровень ЦИКов может свидетельствовать об иммунодефиците, а избыток - привести к развитию аутоиммунных заболеваний. У крыс опытной группы количество ЦИКов изменялось фазно с максимумом на 9 сутки (54,8 против 20,8 единиц в контроле) и 20-е сутки (56,3 против 26,8 единиц). У контрольных животных наибольшее значение этого показателя (32,5 ед.) отмечено на 11-е сутки. Значительное повышение содержания ЦИКов и параллельное нарастание входящего в их состав иммуноглобулина М, наблюдаемое на определенных этапах постлучевого периода, свидетельствует о более выраженной стимуляции иммунного ответа у крыс, получавших до облучения хвойный экстракт.

В аденогипофизе курсовой прием Абисоба усиливал функциональную активность как тиреоидных базофилов (что может служить одним из механизмов усиления деятельности щитовидной железы), так и расположенных вдоль кровеносных сосудов ацидофильных клеток. Последнее предполагает повышение уровня в крови аденогипофизарных гормонов полипептидной природы, одним из которых является соматотропный гормон. Облучение животных, предварительно получавших препарат, приводило лишь к незначительному снижению содержания соматотропов и тиреотропов в отличие от контрольной группы, где основную массу аденогипофиза составляли хромофобные клетки.

Таким образом, по нашим данным, хвойный экстракт пихты сибирской - Абисиб - при приеме его за 30 дней до облучения проявляет отчетливые гемо- и иммуностимулирующие свойства и способствует наиболее благоприятному течению костно-мозговой формы острой лучевой болезни.

**ВЛИЯНИЕ ПИХТОВОГО ЭКСТРАКТА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ  
СОСТОЯНИЕ НАДПОЧЕЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС**  
THE EFFECT OF ABIES SIBIRICA NEEDLES EXTRACT ON THE ADRENAL'S  
MORFOFUNCTIONAL STATE OF IRRADIATED RATS

Филипова Е.А., Лопухова В.В.

НИИ биологии и биофизики, Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Наиболее значимым последствием радиационного поражения организма является нейроэндокринная дезинтеграция с нарушением прямых и обратных связей между гипоталамусом, гипофизом и периферическими железами внутренней секреции. Результатом такой дезинтеграции является стимуляция гипофиз-адреналовой системы, развивающаяся в две фазы секреции кортикостероидов, временные интервалы которых определяются дозой облучения. Первая фаза, возникающая в первые часы (при больших дозах) или в первые - вторые сутки после облучения связана с формированием компенсаторных и защитных метаболических реакций. Вторая фаза усиления функциональной активности надпочечников развивается на 7 - 14 сутки, является более длительной по времени и создает в организме состояние гиперкортицизма, определяющего возникновение целого комплекса постлучевых нарушений и способствующего образованию большего количества радиотоксических. Последние согласно структурно-метаболической гипотезе по механизму обратной связи могут изменять секрецию гормонов, характер и направленность их действия и вызвать дальнейшие метаболические перестройки в клетках - так называемые дистантные эффекты радиации. Оптимальным для пострадиационного прогноза является средняя степень активации исходного состояния надпочечников, поэтому формирование такого уровня функционирования надпочечных желез с помощью различных профилактических мероприятий является необходимым для последующей адекватной реакции организма на действие радиации. Способностью повышать сопротивляемость организма к действию повреждающих агентов различной природы обладают многие лекарственные препараты растительного и животного происхождения, относящиеся к группе адаптогенов. Эти препараты осуществляют различные контрольно-приспособительные функции, направленные, в первую очередь на сохранение и восстановление постоянства клеточного состава, процессов размножения клеток и их функциональной деятельности. Последнее особенно важно в критических системах, устойчивость которых к радиации определяет радиорезистентность всего организма.

В данной работе изучалось действие водного экстракта пихты сибирской на структурно-функциональные особенности надпочечников в норме и при действии

радиации. Установлено, что пихтовый экстракт, содержащий эфирные масла, фитонциды, витамины С, В, К, Р, Е, каротин и другие биологически активные вещества, оказывает гемостимулирующее, противовоспалительное и бактерицидное действие. Экспериментальные животные (белые беспородные крысы - самцы массой 200 г) были разделены на 4 группы. Животных первой группы поили экстрактом пихты по 1 мл в день в течение месяца, забой проводили на следующий день после последнего приема препарата. Животных второй группы поили водой по 1 мл в день в течение месяца, затем облучали на рентгеновской установке РУМ-17 (200 кВ, 15 мА, фильтры 0,5 мм Си+1 мм Аl) в дозе 5,5 Гр, их забивали на 1-е, 3-е, 7-е, 9-е, 11-е, 15-е, 30-е и 45-е сутки после облучения. Крысам третьей группы давали пихтовый экстракт по 1 мл в день в течение месяца, затем облучали и забивали как животных второй группы. Четвертой группой был контроль (животным перорально вводили по 1 мл ежедневно).

После курсового приема препарата в надпочечниках отмечалась тенденция к увеличению ширины пучковой зоны коркового вещества, главным образом, за счет увеличения размеров клеток, которые приобретали в большинстве случаев полигональную форму. При этом во многих клетках в верхних слоях пучковой зоны усиливалась интенсивность окраски цитоплазмы и увеличивался диаметр ядер. Ядерный хроматин в большинстве ядер сдвигался на периферию, вследствие чего ядра просветлялись, размеры и количество ядрышек увеличивалось, усиливалась пиронинофилия ядрышек и цитоплазмы. В этом же слое появлялись двуядерные клетки. Все это может свидетельствовать об усилении внутриклеточных гиперпластических процессов, развертывающихся в ядре и цитоплазме и направленных на обеспечение повышенной функциональной активности органа. Усиление функционирования пучковой зоны коркового вещества может свидетельствовать об увеличении положительных регуляторных влияний в гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системе, что способствует умеренной активации периферического звена этой системы и увеличению эндогенного фона кортикостероидных продуктов. Связанные с их регулирующим влиянием метаболические процессы, направленные на создание в организме определенного пластического и энергетического потенциала, обеспечивают организму активное противостояние различным патологическим влияниям и возможность восстанавливать нарушенные структурно-функциональные параметры наиболее важных функциональных систем.

В первые сутки после облучения у животных, предварительно получавших воду, в корковом слое надпочечников отмечалось снижение содержания липидов и увеличение количества темных клеток, что свидетельствовало об усилении функционирования железы. В тоже время цитоплазма некоторых клеток приобретала глыбчатый и вакуолизированный характер, размеры ядер снижались, появлялись



пикнотические ядра, особенно во внутренних слоях пучковой зоны. На 7 - 9 сутки после облучения снижалась ширина коркового слоя за счет сужения пучковой зоны усиливалась вакуолизация цитоплазмы, увеличивалось число пикнотических и мелких ядер. На 11-е сутки отмечались структурные признаки функциональной активности коры надпочечников, снижение вакуолизации цитоплазмы многих клеток пучковой зоны, увеличение числа темных клеток, появление во внутренних слоях пучковой зоны крупных просветленных ядер и двуядерных клеток. Предполагается, что афферентные рефлекторные влияния из облученных тканей способствуют активации центральных механизмов гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, что обеспечивает усиление функционирования ее периферического звена. На 15-е сутки после облучения появлялись признаки снижения функциональной активности пучковой зоны надпочечников, отмечалась значительная вариабельность размеров ядер, нарушение столбчатого строения, исчезновение клеточных границ. К концу периода наблюдения основные структурно-функциональные параметры коркового слоя восстанавливались, в клетках повышалось содержание липидных компонентов усиливалась базофилия цитоплазмы.

Облучение животных, предварительно получавших пихтовый экстракт, вызывало в надпочечниках менее выраженные структурно-метаболические перестройки, чем у животных предыдущей группы. Ширина коркового слоя во все сроки наблюдения почти не менялась. В то же время ширина пучковой зоны незначительно увеличивалась в первые трое суток после облучения, достигая максимальной величины на 7 - 9 сутки после облучения, затем на 11-е сутки резко снижалась. В дальнейшем снижение ширины пучковой зоны было незначительным, но постоянным, так что к концу срока наблюдения этот параметр достигал исходной величины. Расширение пучковой зоны происходило за счет сетчатой, где на 7-е сутки после облучения наблюдалось появление столбчатого строения клеточного пласта. Функциональная активность кортикостероидных клеток пучковой зоны, начиная с первого дня после облучения, была повышена, но на 11-е сутки наблюдалось значительное усиление активности многих клеток в верхних слоях пучковой зоны, снижающееся на 15-е сутки. В дальнейшем морфологические параметры клеток пучковой зоны возвращались к исходному уровню, появлялось много клеток, содержащих липиды.

Таким образом, профилактическое применение водного экстракта пихты Сибирской обеспечивало менее выраженные нарушения структурно-метаболических параметров коркового слоя надпочечников, что выражалось в умеренном и равномерном усилении функциональной деятельности коркового слоя надпочечных желез в первые 7 - 9 суток после облучения со сдвигом кортикостероидной активности в верхние слои пучковой зоны на 11-е сутки и ее снижением на 15-е сутки пострadiационного периода.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ  
ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ОБРАТИМОЙ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ**  
EISTMATION INFLUENCE OF X-RAY IRRADIATION DUE TO THE REVERSIBLE  
AGGREGATIONS OF RED BLOOD CELLS

Тухватулин Р.Т., Костеша Н.Я., Аносова Н.В., Новикова Л. К.

НИИ биологии и биофизики, Томский государственный университет,  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. (3882) 410-103, факс (3882) 223012,  
rtt@reinbb.tomsk.su

Проблема оценки лучевого поражения организма остается на сегодняшний день и актуальной и трудно поддающейся разрешению. Имеющиеся способы, например, метод хромосомных aberrаций, довольно чувствительны, но трудоемки и поэтому не могут использоваться для обследования больших контингентов людей, что ограничивает его широкое использование в медико-биологической практике. Достаточно удобен способ оценки лучевого поражения организма по изменению содержания лимфоцитов и лейкоцитов в периферической крови [1]. Оценка затрудняется тем, что при выраженной лейкопении, содержание лейкоцитов в периферической крови к 9-11 суткам после острого лучевого поражения может практически отсутствовать.

В работе представлены результаты исследований проведенных в 1985-1995 гг. лабораториями реологии крови и радиобиологии НИИ биологии и биофизики. На основании которых обосновывается возможность использования показателей обратимой агрегации эритроцитов (ОАЭ), для оценки влияния рентгеновского облучения на организм.

Были изучены изменения ОАЭ и других показателей функционального состояния организма различных видов лабораторных животных (мыши, крысы, собаки) при рентгеновском облучении в дозах от 0,5 до 15 Гр. Пробы крови брались через 1 час и 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 суток после облучения (более 800 наблюдений). Показатели ОАЭ определялись в микрокювете фотометрическим способом [2, 3]. Контроль радиационного поражения животных осуществлялся по содержанию форменных элементов в периферической крови, а именно, лейкоцитов, путем подсчета окрашенных метиленовым синим клеток в камере Горяева. Обработка результатов осуществлена с помощью статистической анализирующей системы SAS PC и графической системы Origin Plot (версия 3.0).

Анализ полученных результатов подтвердил тот факт, что содержание лейкоцитов в периферической крови при рентгеновском облучении животных достаточ-

но информативно при малых дозах облучения, а при значительных - только в первые сутки после облучения.

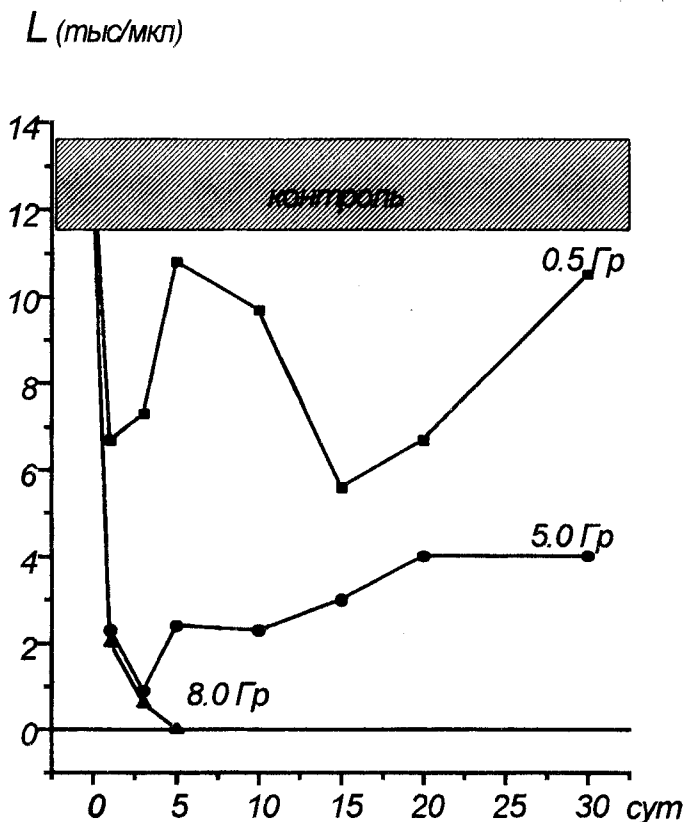


Рис. 1. Динамика содержания лейкоцитов ( $L$  тыс/мкл) в периферической крови белых лабораторных крыс при рентгеновском облучении различными дозами

Это связано со значительным сокращением количества лейкоцитов в крови или полным их исчезновением после облучения (Рис. 1).

Показатели ОАЭ при рентгеновском облучении претерпевают изменения в динамике лучевой болезни, начиная с малых доз облучения (0.5 Гр) до летальных (8-15 Гр). У рассмотренных видов животных (мышей, крыс, собак) реакция на облучение имеет сходный характер. Наиболее значимые изменения в ходе лучевой болезни претерпевают показатели: максимальная прочность агрегатов ( $U_d$ ) и полупериод агрегации ( $\tau$ ) [4]. Установлено, что с увеличением дозы облучения между ними усиливается зависимость и составляет: при дозе 5.0 Гр -  $\rho$  (коэффициент корреляции) = - 0.41 ( $p < 0.05$ ); при дозе 8.0 Гр -  $\rho$  = - 0.67 ( $p < 0.05$ ). Это позволило в дальнейшем объединить рассмотренные показатели в один: индекс агрегации эритроцитов -  $J_a = U_d / \tau$ , характеризующий соотношение агрегационных и дезагрегационных процессов.

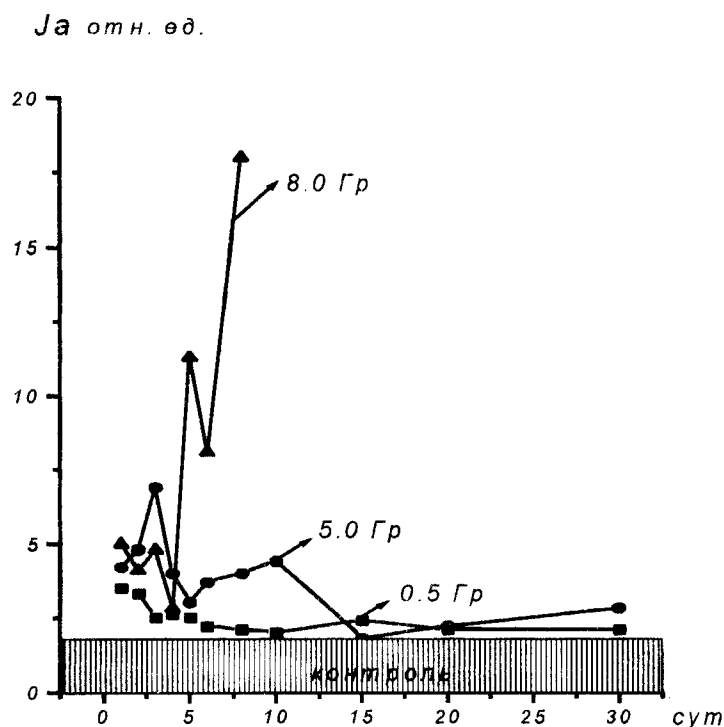


Рис. 2. Динамика индекса агрегации эритроцитов крови белых лабораторных крыс при рентгеновского облучении различными дозами

Как видно из рисунка 2, отклонение *Ja* (первый максимум) пропорционально полученной дозе облучения: оно тем значительнее, чем выше доза облучения. При малых дозах облучения исследуемые показатели возвращаются к контрольным значениям - происходит почти полное их восстановление. При средних дозах (5 Гр.) исследуемые показатели стремятся к исходному уровню, но не достигают его. Из-за полученных повреждений организм выходит на другой, более высокий уровень структурных изменений ОАЭ. При высоких дозах облучения (8-15 Гр), - усиление ОАЭ приобретает патологический характер: ни срочной, ни долговременной адаптации не наблюдается. Животные погибают.

Лабораторное моделирование лучевого поражения различных видов животных позволило установить, что характер агрегационных процессов адекватно отражает степень лучевого поражения организма и его оценка представляется более перспективной по сравнению с имеющимися методами. Время, требуемое для проведения одного анализа ОАЭ, составляет 15-20 мин, минимальный объем крови - 10 микролитров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Журбин Е. А., Чухловин А. Б. Радиационная гематология. - М. Изд. Медицина, 1988. 175 с.
2. Тухватулин Р.Т. Способ определения полупериода агрегации эритроцитов. Патент России № 1262376. Приоритет от 11.05.84. Бюлл. изобретений.-1986.- № 37.
3. Тухватулин Р.Т., Шуваева В. Н., Шадрина Н. Х., Левтов В. А. Агрегация эритроцитов в крови, помещенной в макро- и микрокуветы. Физиологический журнал СССР, -1986. -Т. 72, № 6, -С. 775-784.
4. Костеша Н. Я., Тухватулин Р.Т. Способ диагностики острой лучевой болезни. Патент России № 1519366. ДСП. Приоритет от 28.05.86.

### **МИКРОБНАЯ ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ "АТМОСФЕРА - ФИЛЛОСФЕРА - ПОЧВА" В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА** MICROBIOL INDICATION OF STATE SYSTEMS "ATMOSHERE - PHYLLOSHERE - SOIL" IN THE ZONE OF RADIOACTIVE POLLUTION

Романенко И.В., Васильева А.Н.

НИИ биологии и биофизики, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. 21-47-20

В последнее время актуальность приобрела оценка состояния окружающей среды по реакциям живых организмов, т.е. биоиндикация. Мониторинговые исследования позволяют выявить изменения организмов и сообществ в биогеоценозах произошедшие вследствие влияния техногенных стрессоров. Микроорганизмы являются удобными объектами в мониторинговых наблюдениях. При изучении биогеоценозов следует учитывать вертикально-ярусную организацию микробных сообществ. Известно, что для каждого яруса (воздух - филлосфера - почва) характерно доминирование определенных групп микроорганизмов. Основным фактором, определяющим вертикальное распределение микроорганизмов, является характер субстрата, обеспечивающего определенный тип питания микробиоты.

Целью данной работы является мониторинг состояний микробных ценозов в зоне радиоактивного следа (последствия аварии 06.04.1993 года) и в зоне влияния СХК с поиском микроорганизмов-индикаторов.

Изучали структуру микробоценозов воздуха, филлосферы и почвы в 1992 - 1994 годах. Наблюдения вели в зоне радиоактивного следа (I) (точки 28 км, 29 км, 30 км трассы Томск - Самусь, р.Самуська, д.Георгиевка), зоне влияния СХК по розе

ветров (территории прилегающие к следу) (II) (точки 26 км, 37 км трассы Томск - Самусь, п.Самусь, р.Таловка, д.Наумовка), зоне СХК на территории вблизи промышленных объектов (III) (Т-1, Т-10, Т-15, Т-25, Т-45, Ромашка), городской зоне г.Северска (IV) (городской парк, больничный городок) и на территориях, прилегающих к г.Северску со стороны г.Томска (V) (Сосновское КПП, 1-91, 2-91) и которые могут служить относительным контролем.

Пробы воздуха отбирали седиментационным методом на агаризованные питательные среды с последующим учетом выросших колоний микробов. При исследовании флоры отбирали листья березы повислой (*Betula pendula*). После проведения серийных разведений и посева на питательные среды проводили учет выросших колоний микроорганизмов. Почвенные пробы отбирали на глубине 0-10 см. Посев проводили на питательные среды из водной взвеси путем серийных разведений. Тип почвы - дерново-подзолистый. Данные о численности микроорганизмов анализировали после предварительного логарифмического преобразования.

В атмосфере исследуемых территорий встречались различные группы бактерий (спорообразующие, неспоровые, флюоресцирующие и пигментные), микроскопические грибы (р.р. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium* и др.) и дрожжи (*Aureobasidium pullulans*, р.р. *Candida*, *Cryptococcus* и др.). Общее количество колониобразующих единиц (КОЕ) колебалось от 700 до 150 000 клеток в куб.м.

Рассматривая данные по общему количеству микроорганизмов в воздухе можно выстроить следующий ряд:  $V < I < II < III < IV$ . Аналогичный ряд наблюдается по численности бактерий. Ряд численности микромицетов в воздухе выглядит следующим образом:  $V, I, II < III < IV$ . Таким образом, наиболее мощный микробный поток наблюдается в атмосфере территории города Северска и в промзоне СХК. Территория, принимаемая за контроль, наименее обсеменена микроорганизмами.

При исследовании микрофлоры флоры выявлено, что ее качественный состав представлен теми же группами микроорганизмов, что и микрофлора воздуха. Общее количество КОЕ находилось в пределах от нескольких тысяч до нескольких миллионов клеток на 1 грамм листа. Однако, ряд возрастания общей численности микроорганизмов в флоре березы исследованных территорий выглядит иным образом:  $I, III < II < IV < V$ . Практически такая же картина отмечается при анализе численности бактерий, грибов и дрожжей.

Анализируя ряды логарифмов численности микроорганизмов атмосферы и флоры можно сделать заключение о том, что нет прямой зависимости микроорганизмов, населяющих флору, с микробным потоком, приносимым воздухом. Поверхность листьев - не механический носитель микробных частиц, а место обитания специфических групп микроорганизмов, связанных с жизнью растения.

Микробные ассоциации филлосферы, возможно, характеризуют состояние листовых пород деревьев в зоне специфического техногенного воздействия.

Почвенная микрофлора исследуемых территорий представлена бактериями (спорообразующие, неспоровые, флюоресцирующие, скользящие), грибами (доминирующие виды - р.р. *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Mucor*), дрожжи и пигментные бактерии встречались крайне редко. Видовой спектр микроорганизмов населяющих почву, характеризует ее состояние. На основании анализа разнообразия почвенных микроорганизмов исследованных территорий выстроили следующие ряды: бактерии - II < V < I < III < IV; грибы - II, III < I < IV < V. Таким образом, в почве территорий, находящихся под хроническим воздействием техногенных (радиационных) факторов, происходит обеднение видового состава почвенных микроорганизмов.

Обсуждается возможность выделения отдельных групп микроорганизмов в качестве индикаторов техногенного воздействия в зоне СХК.

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ИММУННЫЙ СТАТУС У ПРОФЕССИОНАЛОВ**  
STATISTICAL ANALYSIS OF INFLUENCE INCORPORATION OF RADIONUCLIDE ON THE IMMUNE STATUS AT THE PROFESSIONALS

Леонов В.П.

Томский государственный университет, 634050, Томск, пр. Ленина, 36,  
тел. (3822) 23-24-53. E-mail: mng@inf.tsu.tomsk.su

Целью работы являлось продолжение статистического анализа данных иммунологического обследования нескольких сот работников Сибирского химического комбината (г. Северск). Характеристика иммунного статуса включала 17 показателей состава крови, в том числе иммуноглобулины М, G и А; учитывали 12 синдромов основных заболеваний. Уровень инкорпорирования радионуклидов характеризовался показаниями СИЧ (счетчик излучения человека), максимальные значения которого достигали 520 нанокюри. В работе использовался анализ таблиц сопряженности, дисперсионный, корреляционный, регрессионный, кластерный и дискриминантный анализ а также анализ канонических корреляций и факторный анализ.

Выборка группировалась по следующим признакам:

- возрастные группы: до 40 лет; 40-50 лет; 50 и более лет;
- стажевые группы: до 5 лет; 5-10 лет; 10-20 лет; 20 и более лет;
- синдромальные группы: нет синдромов; 1-2 синдрома; 3 и более синдрома

-группы по показаниям СИЧ: 0-32 нкюри; 32-60 нкюри; 60 и более нкюри.

Анализ таблиц сопряженности с использованием критерия  $\chi^2$  –Пирсона для пар признаков, одним из которых был признак "группа по количеству синдромов", показал следующие результаты: пол -  $p=0,172$ ; группа по показаниям СИЧ -  $p=0,0009$ ; возрастная группа -  $p=0,294$ ; стажевая группа -  $p=0,247$ . Эти результаты свидетельствуют о наличии достоверной связи количества синдромов с уровнем показаний СИЧ. Подобные же результаты получены и при исследовании связи признака "группа по показаниям СИЧ" и наличием (отсутствием) ряда синдромов: инфекционный синдром -  $p=0,0009$ ; аутоиммунный синдром -  $p=0,0009$  и т.д. Наиболее отчетливо влияние уровня инкорпорирования радионуклидов проявилось при исследовании взаимосвязи этого признака и наличия ряда синдромов с помощью дисперсионного анализа. Ниже приведена таблица содержащая основные результаты этого анализа.

Фактор и его уровни	F-критерий	Достигнутый уровень значимости ( $p < $ )	Среднее показание СИЧ для уровней фактора
Кожно-аллергические проявления-КАП	8,03	0,0049	Есть КАП - 40,3 нкюри Нет КАП - 17,7 нкюри
Инфекционный синдром - ИС	9,62	0,0021	Есть ИС - 28,6 нкюри Нет ИС - 14,1 нкюри
Аутоиммунный синдром - АС	22, 2	0,0001	Есть АС - 50,9 нкюри Нет АС - 16,1 нкюри
Длительная субфебрильная температура - ДСТ	12,17	0,0006	Есть ДСТ - 64,0 нкюри Нет ДСТ - 18,3 нкюри

Аналогичные результаты были получены и для вегето-сосудистой дистонии и остеохондроза. Эти результаты свидетельствуют о том, что инкорпорированные радионуклиды способствуют возникновению таких заболеваний, которые традиционно принято считать "нерадиационными". В данном случае имеется сочетанное воздействие радиационного фактора инкорпорированных радионуклидов, и химического фактора этих радионуклидов. Отметим, что при этом взаимодействие этих двух отдельных факторов может иметь как аддитивный, так и мультипликативный характер. Влияние уровня инкорпорирования радионуклидов на состояние здоровья отчетливо проявляется при сравнении групп с разным количеством синдромов. Средние значения показаний СИЧ для группы с 1-2 синдромами - 15,4 нКи, для группы с 3-4 синдромами - 30,8 нКи, а для группы 5 и более синдромов - 108,7 (при  $P=0,0001$ ).

Регрессионный анализ проводился отдельно для трех групп наблюдений отличающихся уровнем показаний СИЧ: 0-32 нКи; 32-60 нКи; 60 и более нКи. При этом прогнозируемой величиной было показание СИЧ, а предсказываемыми переменными были иммунологические показатели. Для первой группы наблюдений в



уравнение регрессии вошли следующие показатели: содержание фагоцитов в процентах, содержание лимфоцитов и содержание иммуноглобулина М. Достигнутый уровень значимости для коэффициентов при этих показателях был менее 0,001. Величина коэффициента детерминации R-квадрат равнялась 0,65, F-критерий равнялся 116,6 при уровне значимости  $P=0,0001$ , что свидетельствует о высокой адекватности уравнения регрессии. Для группы наблюдений с уровнем показаний СИЧ 32-60 нкюри величина коэффициента детерминации R-квадрат возросла до 0,96, при F-критерии равном 298 ( $P=0,0001$ ). Для группы наблюдений с показаниями СИЧ 60 и более нКи значение R-квадрат снижалось до 0,64 при  $P=0,0004$ . Наличие максимума в динамике величины коэффициента детерминации R-квадрат указывает по нашему мнению на область перестройки системного ответа иммунитета при увеличении уровня инкорпорирования радионуклидов.

В настоящее время области для малых доз облучения все большую популярность приобретает нелинейный характер зависимостей "доза-эффект" (Гераськин С.А., 1995г.) Поиск многомерных нелинейных зависимостей является нетривиальной задачей в силу множества возможных комбинаций классов нелинейностей для разных исследуемых характеристик. Для оптимизации оценки подобных зависимостей целесообразно исследование результатов разных алгоритмов на одном и том же массиве данных. Для этой цели нами были использованы различные методы нелинейного преобразования исходных количественных переменных в среде пакета DATASCOPE (ACE-регрессия и ACE-дискриминантный анализ). Использование нелинейных преобразований исходных переменных значительно повышает качество результатов регрессионного и дискриминантного анализа и позволяет выделить наиболее информативные иммунологические признаки для различных заболеваний. Результаты свидетельствуют о наличии стохастических эффектов инкорпорирования радионуклидов для традиционно нерадиационных заболеваний.

## **СОЦИАЛЬНО-РОЛЕВЫЕ ПОЗИЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ФАКТОРА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ**

Стоянова И.Я.

Лаборатория медицинской психологии НИИ психического здоровья  
Томского научного центра РАМН, Россия, г.Томск

В настоящем сообщении с помощью понятийного аппарата социальной психологии предпринята попытка анализа отношения представителей различных социальных групп к проблеме экологической загрязненности территорий. Изучение этих

позиционных различий связано с необходимостью конструктивного взаимодействия всех участвующих в формировании научно-исследовательских и социальных программ, направленных как на сохранение здоровья проживающих в неблагоприятных условиях, так и улучшение природных условий. Изучение точек зрения выступающих в органах массовой информации, а также на научных семинарах и конференциях позволяет выделить полярные позиции авторов в отношении проблемы экологической загрязненности, что обусловлено их социально-ролевым статусом.

В терминах социальной психологии под ролью понимается социальная функция личности, т.е. соответствующий принятым нормам способ поведения людей в зависимости от их статуса в обществе, в системе общественных отношений. Ролевую направленность позиций к обозначенным выше проблемам можно представить в форме социально-психологических характеристик так называемых 'атомщиков', 'защитников', а также 'пострадавших'. Последние включают 'социально защищенных' и 'отверженных'.

К категории 'атомщиков' относятся руководители предприятий, деятельность которых влияет на уровень радиационно-химической загрязненности природной среды. Их ролевая концепция основана на признании факта уже доказанных нарушений природной экологии вследствие производственной деятельности и отрицания неочевидных и недоказанных, а также необходимости комплексных исследований в области радиационной проблематики. Представители этой социальной группы считают ненужными и вредными исследовательские программы, направленные на изучение эффекта малых радиоактивных доз и их влияния на здоровье человека. При этом позитивно оцениваются и финансируются программы, отражающие социально-экономические условия и их негативные последствия для здоровья человека. о возможном влиянии иных факторов в подобных исследованиях не сообщается.

Важной особенностью позиции 'атомщиков' является стремление к эмоциональному дистанцированию с представителями других социальных групп, к ориентации на взвешенную информацию с призывами не сеять панику среди населения.

Социальная группа 'защитников' включает представителей научных и медицинских кругов. Большинство из них признается необходимость развития исследовательских программ, связанных с изучением радиационно-химической загрязненности территорий и его влияния на здоровье человека, а также создания лечебно-профилактических программ для жителей загрязненных территорий. Однако ориентация последних на нарушение природных либо социальных условий для здоровья человека грешит однобокостью и не способствует объективности получаемой информации. К тому же высокий эмоциональный накал в полемике с 'атомщиками' зачастую мешает пониманию позиции оппонента и организации конструктивного взаимодействия.

Позиция 'пострадавших' представлена жителями зоны действия СХК и в значительной степени обусловлена наличием либо отсутствием социально-экономической помощи, связанной с радиационными выбросами.

У 'отверженных', т.е. обойденных экономической поддержкой, на фоне эмоциональной перенапряженности, низкой стрессоустойчивости выражены проявления социальной незащищенности, неуверенности, пессимистической оценки ситуации. Ожидание помощи от медицинских программ меняется в сторону недоверия к медицинским работникам и снижению интереса к лечебно-оздоровительным программам.

Позиция 'социально защищенных' более оптимистична. Они позитивно относятся к реабилитационным и профилактическим программам, стараются меньше подвергать критике позиции 'атомщиков', выделять у последних положительные стороны.

Анализ представленных социально-ролевых позиций в оценке влияния на здоровье радиационно-химического фактора показывает, что в каждой из них имеется позитивное начало, на основании которого можно организовать конструктивное взаимодействие различных специалистов по проблемам изучения и оздоровления окружающей Среды.

***МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И  
РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МОНИТОРИНГ***

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

### МЕТОДОМ ЭПР-МЕТРИИ ЭМАЛИ ЗУБОВ

#### RESTORING OF THE EXPOSURE TO RADIATION DOSES OF THE POPULATION WITH THE METHOD OF EPR-METRY OF THE TEETH

Смиренный Л.Н., Федосеев Г.А., Моисеев Б.М.

Научно-исследовательский испытательный центр радиационной безопасности космических объектов, 123182, Россия, г. Москва, ул. Щукинская, 40, тел. 571-84-66

В связи с исследованиями экологических последствий функционирования предприятий ядерного цикла и полигонов по испытанию ядерного оружия стала актуальной проблема восстановления величин доз, полученных определенными группами населения и отдельными индивидами, проживающими в зонах их влияния. Решение поставленной задачи осуществляется как с помощью инструментальных [1, 2], так и расчетных методов [3]. Однако, в ряде случаев расчетные оценки оказываются совершенно невозможными вследствие отсутствия исходных данных. Можно с большой степенью достоверности утверждать, что даже сейчас, когда опубликован большой объем сведений об авариях на радиационно-опасных производствах, часть из них остаются неизвестными. В связи с изложенным возникла необходимость разработки, совершенствования и унификации экспериментальных методик определения индивидуальных доз, полученных в результате работы и проживания в данном регионе.

#### **Метод определения доз внешнего облучения по ЭПР-спектрам эмали зубов**

Необходимое увеличение достоверности определения индивидуальной дозы облучения может быть достигнуто в результате сокращения цепочки между исходными измерениями и определенной на основании их дозой, полученной тканями человека. Наиболее перспективным биодозиметром, в настоящее время является эмаль зубов, накапливающая стабильные во времени радиационно-индуцированные парамагнитные центры, количество которых пропорционально поглощенной дозе. Вопросам определения доз с помощью спектров электронного парамагнитного резонанса эмали зубов к настоящему времени посвящено значительное количество работ [4]. Для унификации результатов, получаемых этим методом, и придания им официального статуса, при принятии решений, в 1994 - 1995 г.г. по плану Государственной стандартизации нам был разработан ГОСТ Р22.3.04-96 "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Контроль населения дозиметрический. Метод определения поглощенных доз внешнего гамма-излучения по спектрам ЭПР зубной эмали". В работе над ГОСТом наряду с головной организацией (НИИЦ РБ КО) приняли участие еще 5 организаций (ИБФ, МРНЦ, ВНИИФТРИ, ВИМС, ТОО "Тритон"). При работе над ГОСТом официальные отзывы и предложения поступили более чем от 20 организаций

Академии наук, Академии медицинских наук, Высшей школы, Минздравмедпрома РФ, МЧС, Госсанэпиднадзора, Госатомнадзора и ряда других организаций. Окончательная редакция проекта ГОСТа была рассмотрена и одобрена на заседании Российской научной комиссии по радиационной защите (ноябрь 1995 г.) и специализированной рабочей группе Технического комитета по стандартизации "Гражданская оборона, предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций". Одновременно был разработан Рабочий эталон Поглощенной дозы в облученной зубной эмали РЭ ПД ОЗЭ (ТУ - 4381 - 001 - 08627448 - 95).

### Результаты определения доз внешнего облучения по ЭПР-спектрам эмали зубов

С помощью ЭПР-метрии эмали зубов в настоящее время получен большой экспериментальный материал о дозах облучения населения [4, 5]. Нами проводились измерения доз зубной эмали жителей поселка Самусь Томской области. Представляется интересным сравнение распределения доз, полученных нами при измерениях зубов, собранных в Алтайском крае (рис. 1), Республике Алтай (рис. 2) и поселке Самусь (рис.3).

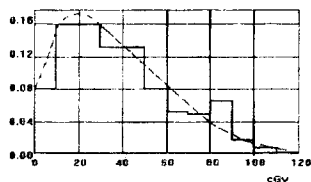


Рис.1 Частотная гистограмма распределения доз, измеренных у жителей Алтайского Края.

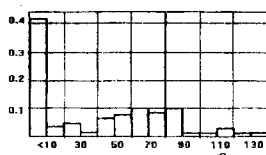


Рис.2 Частотная гистограмма распределения доз, измеренных у жителей Республики Алтай.

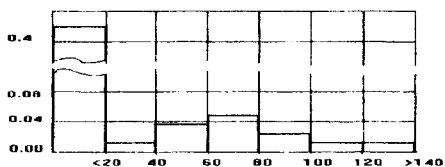


Рис.3 Частотная гистограмма распределения доз, измеренных у жителей поселка Самусь.

В Алтайском крае отбор зубов проводился на территории, попадавшей в зоны следов ядерных взрывов, при этом распределение доз характеризуется распределением, которое может быть описано логнормальным законом.

В то же время часть зубов, собранных на территории Республики Алтай, относится к районам, которые не попадали в зону следов ядерных взрывов, поэтому соответствующее распределение имеет двухмодальный закон распределения. Аналогичная картина наблюдается в поселке Самусь, где наряду с жителями, дозы которых близки или слабо отличаются от фоновых, примерно у 15 % жителей зарегистрировано существенное превышение фоновых значений. Это свидетельствует о наличии в одном поселке групп населения, имеющих различный радиационный статус.

Для их определения необходимо более полный набор статистических данных, изучение условий их проживания и работы, а также дополнительное дозиметрическое обследование.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смиренный Л.Н., Федосеев Г.А. Ретроспективная оценка индивидуальных доз облучения населения Алтайского Края по радиационным эффектам в зубной эмали методом ЭПР. / В сб. Ядерные испытания, окружающая Среда и здоровье населения Алтайского Края. Т.1, книга 3, стр. 178, Барнаул, 1993.
2. Ильинских Н.Н., Новицкий В.В., Адам А.М. и др. Радиационная экогенетика Томской области. - Томск, 1995.
3. Лоборев В.М., Судаков В.В. и др. Реконструкция доз облучения населения Алтайского Края от ядерного взрыва 29 августа 1949 года./ Вестник научной программы "Семипалатинский полигон - Алтай". Т.1, с. 27, Барнаул, 1994.
4. Final Programme and Book of Abstracts, 4th International Symposium on ESR Dosimetry and Applications, Munchen/ Neuherberg, May 15 - 19, 1995.
5. Smirenniy L.N., Fedoseev G.A., Melnikov P.V., Meshkov N.A., Moiseev B.M. Dose radiation measurements in Altai Territory and in Republic of Altai with the help of tooth enamel ESR spectroscopy. Book of Abstracts, III Workshop SCOPERADTEST March, 27 - 31 , 1995, Brussels-Liege.

### АВТОРАДИОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД В ИЗУЧЕНИИ РАДИОАКТИВНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

#### AUTORADIOGRAPHICAL TECHNIQUE FOR ENVIRONMENT RADIOACTIVITY STUDY

Мионов А.Г.

Бурятский геологический институт СО РАН, Россия, г. Улан-Удэ

Сто лет назад, в 1896 году А.Беккерель обнаружил явление радиоактивности, поместив случайно соли урана на коробку с фотопластинками. Почернение фотозульсии свидетельствовало о наличии излучения, названного впоследствии радиоактивностью. Тем самым А. Беккерель не только открыл новое явление, но и дал начало методу обнаружения и исследования радиоактивности, получившему название автордиографии.

В настоящее время широко используются различные виды автордиографии, с помощью которых получают ценную информацию по концентрации и распределению ряда элементов в рудах, горных породах и окружающей среде. Метод обладает высокой разрешающей способностью и чувствительностью благодаря использова-

нию твердотельных трековых детекторов (ТТД), ядерных фотоэмульсий и оптической микроскопии.

Выделяются следующие виды автордиографии: автордиография естественных радионуклидов и продуктов их распада (Th, U, Ra, Rn); нейтронно-активационная радиография радиоизотопов, получаемых при облучении в реакторе или на ускорителе природных объектов и автордиография искусственных радиоизотопов, введенных в систему при моделировании природных процессов.

При изучении концентрации и распределения естественных радионуклидов и продуктов их распада используются методы макроавтордиографии, основанной на фиксации суммы радиоизлучателей с крупных образцов с повышенной радиоактивностью ( $>100$  ppm); методов микроавтордиографии (трековый альфа - радиографии), позволяющей изучать распределение радиоэлементов в микрообъемах при сравнительно малых их количествах (10 - 100 ppm) альфа-излучателей (в т. ч. и "горячих частиц") с использованием толстослойных эмульсий для ядерных исследований или ТТД и, наконец, методов осколочной автордиографии (n, f- радиографии) для селективного изучения локального распределения следовых количеств делящихся радиоизотопов ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ) (0,01-10 ppm) при облучении образцов и препаратов потоком тепловых или быстрых нейтронов.

Нейтронно-активационная радиография позволяет перенести преимущества радиоактивности и на многие стабильные элементы с целью определения их концентрации и распределения в природных объектах. Получающиеся после облучения потоком нейтронов радиоизотопы фиксируются по  $\beta$ - и  $\gamma$ - активности на тонкослойных ядерных эмульсиях. Варьирование типом нейтронного потока длительностью облучения, "остывания" и экспозиции, возможность компьютерной обработки автордиограмм, позволяет получать картины распределения отдельно для многих элементов в геологических и биологических объектах.

Автордиография искусственных радиоизотопов, введенных в систему при моделировании природных процессов (метод меченых атомов), широко используется в биологии, медицине, металлургии и геохимии. Преимуществом метода является высокая селективность и чувствительность, отсутствие мешающих радиоизотопов. В геохимии метод нашел применение при экспериментальных исследованиях поведения воды (по тритию) и микроэлементов при высоких температуре и давлении. Таким образом, автордиографический метод дает ценную информацию, получение которой другими способами затруднено или невозможно вообще. Это относится как к естественным радиоактивным, так и стабильным элементам при изучении геохимии окружающей среды.

Современная компьютерная техника и соответствующее программное обеспечение позволяют в настоящее время проводить обработку автордиограмм в ав-



томатическом режиме. В Бурятском геологическом институте СО РАН разработана программа "Радиограф", с помощью которой на основе компьютера 486DX и цветного сканера "Mustek Paragon 1200" можно получить качественные и количественные оценки изображений автордиограмм. В частности, в данной программе предусматривается: а) получение графиков по заданным профилям на изображении; б) настройка относительной шкалы плотности почернения; в) цветовые трансформации в соответствии с этой шкалой; г) построение изоконцентрат на автордиограмме; д) сравнение изученных образцов с эталонными.

Наконец, в связи с усовершенствованием электронной техники появилась принципиально новая основа для автордиографии без ядерных эмульсий или твердотельных трековых детекторов. Детекторы на основе фотодиодной линейки или другие игольчатые детекторы дают возможность изучать распределение радиоизотопов непосредственно в образце, подавая изображение на компьютер с дальнейшей обработкой и получением количественных данных. По крайней мере, для альфа - излучения такие работы уже проведены (Klein et al., 1993), для бета - и гамма - излучения возможности метода изучаются. При положительном решении появится принципиально новый способ автордиографии, позволяющий не только давать картину распределения радиоактивных изотопов, но и устанавливать их природу и энергию излучения.

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ ОСКОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ УРАНА**

### **SEMICONDUCTOR GAMMA-SPECTROMETRY OF CRACK URANIUM PRODUCTS**

Бобров В. А.

Объединенный Институт Геологии, Геофизики и Минералогии СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3

Спектр гамма-излучения искусственных радионуклидов, поступающих в окружающую среду от атомных предприятий (в случае аварий) и при испытаниях атомного оружия, существенным образом отличаются от спектра гамма-излучения естественных радиоактивных элементов - урана, тория, калия. На основании этого можно в течение достаточно продолжительного времени сцинтилляционным спектрометром расшифровывать природу радиоактивного фона в удаленных от предприятий, полигонов районах.

Автор статьи с 1960 года практикует в области сцинтилляционной гамма-спектрометрии (лабораторной, полевой). Первым случаем столкновения с искусственной радиоактивностью оказался август 1962 года. Одноканальным гамма-

спектрометром (ААДО, NaJ(Tl)) удалось расшифровать природу радиоактивного дождя, выделив над естественным радиоактивным фоном интенсивное гамма-излучение в области 750-800 КэВ, что указывало на присутствие Zr-95, Nb-95 в дождевой воде. При этом удельная активность дождя в сравнении с равновесным естественным ураном составляла величину эквивалентную 0.02%. В августе 1962 года было объявлено об испытаниях 20-ти мегатонной бомбы на Новой Земле, но одновременно, как нам сейчас известно, уже более 10 лет шли непрерывные испытания на Семипалатинском полигоне. По оценкам Научного Комитета по действию атомной радиации (НКДАР ООН) вклад бывшего СССР в глобальный радиоактивный фон составляет "добрую" половину [1].

В работах по восстановлению картины радиоактивного поражения площадей Казахстана, Степного Алтая, Горного Алтая, Сибири приоритет в поставке количественных цифр по запасам радиоцезия в поверхностных образованиях - почвах, озерных осадках, хвойных и лиственных опадах, мхах - принадлежит лабораторной сцинтилляционной гамма-спектрометрии. Сцинтилляторы больших размеров (Na(Tl) 200x200мм) благодаря своей радиационной чистоте в комбинации с низкофоновыми фотоэлектронными умножителями (ФЭУ-173) и свинцовой защитой при индексе собственного фона детектора 12-15 имп/с в диапазоне энергий гамма-излучения 0.1-3.5 МэВ позволяют количественно выявлять радиоцезий в почвах, начиная с низких концентраций 0.5 Бк/кг, что соответствует сотой части устанавливаемого значения современного глобального фона для указанных выше районов.

Крупнейшая авария века (апрель 1986) привела к повышению радиоактивного поля на поверхности всего Земного шара. На девятый день после аварии Чернобыльской АЭС фиксировалось повышение фона на Аляске [2]. Столь удаленная распространенность выбросов Чернобыльской АЭС ставит задачу определения "чернобыльского" радиоцезия в современном радиоактивном фоне районов Сибири и выборе "фоновых" полигонов. Как минимум, два важных обстоятельства следует отметить. Во-первых, имеется масса литературных источников об истощении первичных запасов (на момент введения моратория на испытание атомного оружия) в почвах за счет его вымывания атмосферными водами в горизонты пластовых вод, а в конечном итоге, выноса в Ледовитый океан. Установление количественного значения глобального фона на основе расчетных выкладок поступления из атмосферы в корреляции с широтой и величиной годовых осадков [3] для районов Сибири, Алтая и предположения о высокой сорбционной способности почв по отношению к радиоцезию может привести к завышенному значению величины глобального фона, и как следствие, к снижению размеров пораженных Семипалатинским полигоном территорий, а также территорий, близлежащих к атомным сибирским предприятиям. Значи-

мость второго актуальна в связи с намерением Сибирь превратить в мировое производство по выделению плутония и захоронению продуктов деления урана.

Работа по оценке радиоцезия в поверхностных отложениях, проводимых ОИГГИМ СО РАН, приходилась на 6 - 9 годы с момента аварии Чернобыльской АЭС. К этому моменту за счет радиоактивного распада исчезли такие интенсивные гамма-излучатели осколочных продуктов урана как Ce-141, Ce-144, Ru-103, Zr-95, Nb-95. Значительно распался Cs-134, по которому можно судить о чернобыльском радиоцезии.

Измерения общей радиоактивности задернованных участков во время экспедиций 1992 - 1995 годов показывали близкие между собой значения, 12-15 мкр/час в районах Алтая, Новосибирской и Кемеровской областей. По оценкам на долю радиоцезия приходилось не более 20 - 30% от величины естественного фона, создаваемого U, Th, K. Принимая исходным соотношением Cs-137/Cs-134 величину 1.8 [2] можно ожидать, что на долю Cs-134 приходилось бы не более 1 - 2% общей радиоактивности почвы (опадов). Эффективное использование сцинтилляционной гамма-спектрометрии определяется не только интенсивностью радиоцезия, но и положением его гамма-линии 662 КэВ в энергетическом спектре, удаленностью от интенсивных линий RaC и ThC (609 и 583 КэВ). Для гамма-спектрометрии Cs-134 сложности в том, что первая линия с энергией 604.6 КэВ близка к 609 КэВ, вторая с энергией 795.8 КэВ практически совпадает с линией 794.8 КэВ (MsThII). Таким образом, необходимыми условиями гамма-спектрометрии радиоцезия (одновременно обоих, 134 и 137) должны быть: высокая разрешающая способность и низкий остаточный фон детектора. Одним из вариантов решения вопроса является низкофоновая полупроводниковая гамма-спектрометрия.

В ОИГГИМ СО РАН вариант низкофоновой гамма-спектрометрии осуществляется регистрацией на Ge(Li)-детекторе 80 см<sup>3</sup>, размещенном в камере низкого фона (КАНИФЕР). Остаточный фон в стальной камере оценивается величиной 0.1 мкр/час, флуктуация величины фона за счет радона устраняется подачей очищаемого фильтром атмосферного воздуха с высоты 10 метров над поверхностью земли. Оценка составляющих остаточного фона проведена с помощью сцинтилляционного детектора NaJ(Tl) 200x200 мм и ФЭУ-173, показавшего на глубине 200м от поверхности оз. Байкал, при отсутствии проникающего космического гамма-излучения, собственную радиоактивность 1.5 имп/с в диапазоне 0.1-3.5 МэВ. Показания указанного сцинтиллятора в КАНИФЕРЕ составляют 11 имп/с, при дополнительной защите из особоочистого вольфрама (масса 1 т) - 4.5 имп/с. Таким образом, можно принять, что 70% фона в 0.1 мкр/час приходится на собственную радиоактивность защитной 70-ти тонной стальной камеры, 30% - на проникающую космическую составляющую.

Эффективность регистрации фотопиков гамма-линий 609 КэВ, 662 КэВ и 795 КэВ полупроводниковым детектором зависит от энергии и определяется геометрией измерения (объемом анализируемой пробы). Так для сосуда Маринелли 300 мл фотоэффективность детектора для линии 609 КэВ составляет 0.005, для линии 795 КэВ - 0.004. Значение фона в аналитических участках шириной 10 КэВ в диапазоне 600 - 800 КэВ на уровне 0.0005 имп/с. При экспозициях измерения 50 - 100 час в гамма-спектрах достоверно выявляются гамма-линии Cs-137, -134, RaB, RaC, ThB, ThC, MsTh. Полный спектр искусственных и естественных гамма-излучателей позволяет внести коррективы и количественно учесть вклад остаточного фона стальной камеры и анализируемого образца в аналитическую гамма-линию 795 КэВ. Объем анализируемой пробы может быть любых размеров, от 20 мл до 50 и более литров, поскольку внутренний объем камеры 8 м. Важным является сохранение относительной интенсивности гамма-линий 604, 662 и 795 КэВ в анализируемом образце и образце сравнения. Сама стальная камера может рассматриваться как предельный объемный источник, соотношение интенсивности гамма-линии 583 КэВ к гамма-линии 908 КэВ падает с величины 1.83 ("тонкий" источник равновесного тория) до 1.15 за счет более интенсивного самопоглощения линии 583 КэВ в двадцатисантиметровых стенах камеры. Благодаря различному самопоглощению гамма-линий удается определить природу добавки в линию 795 КэВ: от фона или анализируемого образца. Последнее обстоятельство важно при анализе почв, донных грунтов, в которых содержание тория достигает 10 - 15 г/т.

Известны высокие сорбционные свойства хвои, мхов удерживать радиоцезий. При определении "чернобыльского" радиоцезия наиболее достоверные данные были получены по мхам, отобраным в западной части Кемеровской, восточной части Новосибирской областей. Получению надежных аналитических цифр способствует возможность "концентрирования" путем сушки, прессования и озоления. В анализ отбирались "живые" (зеленые) популяции мхов. В точках отбора мхов отобраны 30 - 40 см слои почв, в которых сцинтилляционной гамма-спектрометрией определены запасы всего радиоцезия. Образцы мхов собирались с 1 - 2 м массой до 10 кг. Соотношение активностей Cs-137 и Cs-134 в каждый конкретный момент измерений контролировалось стандартом МАГАТЕ - JAEA-375 (чернобыльская почва), градуировка эффективности детектора определялась эталонами урановой и ториевой руд.

Основные результаты низкофоновой полупроводниковой спектрометрии :

1. Cs-134 обнаружен в верхних горизонтах озерных отложений Алтая, Новосибирской области, оз. Байкал. В горизонтах озерных грунтов с максимальным содержанием радиоцезия Cs-134 не присутствует, что может указывать на отсутствие механизма перераспределения радиоцезия и использование горизонтов озерных грунтов для возрастных датировок по радиоцезию.

2. "Чернобыльская" добавка радиоцезия к накопленному (глобальному) для Средней Сибири на уровне 1 - 2 % , максимальное значение 5% фиксируется лишь в одной точке (запад Кемеровской области).

3. Изучена радиоактивность поверхностных отложений двух фоновых площадок: Караканский бор (Новосибирская область) и с. Альмяково (Томская область). Для обеих площадок доля добавок Cs-137 за счет Чернобыля не выше 1%. Запасы радиоцезия во мхах (вместе с подстилкой из отмерших его популяций) соответствуют 40 - 50 % запасам в почве. Для Альмяковского участка установлена величина запасов радиоцезия в почве эквивалентная  $78 \text{ mKu}/\text{km}^2$ , что несколько превышает предполагаемое значение глобального фона для этого района. Тем не менее, осенью 1993 года в золе зеленой хвои и мха не было обнаружено радионуклидов, зафиксированных в снеге прилегающих к СХК площадей. Примененная методика исследования гарантировала выявление радионуклидов с уровня эквивалентного  $10 \text{ mKu}/\text{km}^2$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиация, дозы, эффекты, риск. Мир. М.: 1990. 80 с.
2. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. Гидрометеоиздат. Л.: 1990. 296 с.
3. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Гидрометеоиздат. Л.: 1981. 544 с.

### МЕТРОЛОГИЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО И НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО МЕТОДОВ АНАЛИЗА РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

#### METROLOGY OF GAMMA-SPECTROMETRICAL AND NEUTRON-ACTIVATION ANALYSIS OF RADIONUCLIDES IN ENVIROMENTAL SAMPLES

Вертман Е.Г., Судыко А.Ф., \* Резчиков В.И.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822) 41-89-10, \* пр. Ленина, 2-а, тел. (3822) 77-28-63

Для определения содержания радионуклидов Cs-134, Cs-137, K-40, Ra-226, Th-232, U-235, U-238 и других в природных объектах нами используется уникальный комплекс ядерно-физических методов анализа (ЯФМА): ГСА - гамма-спектрометрический; ИНАА - инструментальный нейтронно-активационный; МЗН - метод запаздывающих нейтронов; ОРГ - осколочная радиография.

Эти методы являются инструментальными и позволяют выполнять анализ без химической подготовки и разрушения пробы. Регистрация аналитического сигнала излучения ядер собственно определяемых элементов обеспечивает прямое их определение, что имеет значение для правильности анализа. Так как на ядерное излуче-

ние не оказывают влияние химические связи и формы вхождения элементов, то матричный эффект часто незначителен и анализ различных по составу объектов (вода растительность, биообъекты, горные породы, почвы, руды, минералы или их комбинации) выполняется, практически, по одним и тем же калибровочным кривым.

Для массового анализа нами применяются международные (МАГАТЭ) и российские государственные стандартные образцы, приведенные в таблице 1.

Гамма-спектрометрический анализ (ГСА) выполняется на гамма-спектрометре РУС-11-4 с полупроводниковым детектором ДГДК - 80В (разрешение 3 кэВ/канал для  $E=1333$  кэВ) в защитной низкофоновой камере. Внешний гамма-фон подавляется в 10 - 30 раз в диапазоне от 10 кэВ до 3 мэВ. Анализаторная система NUC 8192 (EMG Венгрия) с программным обеспечением "ASPRO" калибруется по стандартным образцам "СИГИ". Это позволяет получать количественный результат по гамма-изотопам в исследуемой пробе с учетом ее плотности.

Измерения проводятся для двух геометрий: сосуд "Маринелли" ( $V = 1$  л) и сосуд "дента" ( $V = 150$  мл), в которые засыпается и взвешивается проба, а жидкость заливается известного объема. В зависимости от заданной статистической погрешности и активности изотопов выбирается продолжительность измерения пробы: от нескольких минут до нескольких часов. Воспроизводимость результатов определяется, практически, только статистической погрешностью. Пределы определения для различных объектов и изотопов равны от 0,5 до 3 Бк/л (Бк/кг). Правильность методики определяется систематическим отклонением результатов от паспортных данных стандартных образцов. Полученные значения  $\pm 25\%$  для разных СО и изотопов можно считать удовлетворительными. Интерпретация результатов в области низких содержаний, близких к фоновым, имеют большое значение и, особенно, для техногенных радиоизотопов, когда решается вопрос: есть загрязнение или его нет.

Мы придерживаемся ранее предложенного критерия значимости результата если он превышает в три раза предел определения. Этот критерий позволяет избегать известного эффекта завышения результата в диапазоне, близком к пределу определения, а также ложных заключений о загрязнении.

Инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА) определяют U, Th и K относительно стандартных образцов в весовых %, а зная удельную радиоактивность изотопов переводят содержания в единицы активности. Причем U, Th K определяют в комплексе с 40 другими элементами, что удешевляет элементное определение. Облучение проб производят в мощном потоке нейтронов ( $2 \cdot 10^{13}$  нейтр/см<sup>2</sup>\*с) исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИЯФ Томского политехнического университета. Продолжительность облучения зависит от состава и массы пробы (0,001 - 10 г) и составляет от 60 с до нескольких суток. Для малых проб со-



ставляются партии из 20 - 100 проб и одновременно со стандартными образцами облучаются в одном пенале.

Для измерений используется гамма-спектрометр, аналогичный применяемому при ГСА, но без низкофоновой камеры. Обработка спектров и расчет результатов выполняется по автоматической программе "SERG". Продолжительность измерений  $10 \div 30$  мин.

Таблица 1

Стандартные образцы, используемые для ЯФМА в испытательном научно- производственном центре "Том-Аналитика" при ТПУ.

Метод анализа	Стандартный образец	Cs-134, Бк/кг	Cs-137, Бк/кг	K-40, Бк/кг	Ra-226, Бк/кг	Th-232, Бк/кг	U-235, Бк/кг	U-238, Бк/кг
ГСА	IAEA-300, морской осадок IAEA-152, сухое молоко СИГИ-С 38/95 СИГИ-С 44/95 СИГИ-Т 42/95 СИГИ-С 49/95 RGK-1 (IAEA), сульфат калия RGTn-1 (IAEA), Th-руда RGU-1 (IAEA), U-руда	66,6 764	1066,6 2159 32300	1059 539  18300  448 кг/т 200 г/т	56,5   1950	72,4   6860  800 г/т	2,75	64,7     6,3 г/т 400 г/т
ИНАА, МЗН	СГ-1А (520-84п) гранит альбитизированный					130,1 г/т		63,4 г/т
МЗН	УР-47С, U-руда							470 г/т
ОРГ	СП-U-1 искусственная смесь СП-Th-1 искусственная смесь					50 г/т		2 г/т

Сопоставляя пределы определения ИНАА, приведенные в таблице 2, с пределами определения ГСА ( $0,5 \div 5$  Бк/кг) следует отметить, что первый более чем на порядок чувствительнее второго, особенно для воды, растительных и биологических объектов.

Таблица 2

Пределы определения радионуклидов методом ИНАА

Радионуклид, элемент	Геологические объекты		Растительные объекты		Биологические объекты		Вода, растворы	
	Бк/кг	г/т	Бк/кг	г/т	Бк/кг	г/т	Бк/кг	г/т
K-40	0,15		0,003		0,0002		0,3	
K природный	0,15	50	0,003	0,1	0,0002	0,007	0,3	10000
Th-232	4,1	1,0	0,2	0,05	0,04	0,01	0,04	10
U-238	2,5	0,2	0,7	0,06	0,1	0,01	0,02	2,0

Воспроизводимость результатов зависит от статистической погрешности и составляет  $5 \div 20$  %. Правильность ИНАА определяется высокой избирательностью метода и, практически, отсутствием мешающих элементов для природных объектов. Это подтверждается результатами аттестационных анализов различных стандартных образцов "МАГАТЭ" и России.

Метод запаздывающих нейтронов (МЗН) с использованием исследовательского ядерного реактора. Аттестован в 1980 году Мингео СССР как наиболее экспрессный, высокочувствительный ( $1 \cdot 10^{-6}$  % масс U = 0,1 Бк/кг;  $5 \cdot 10^{-5}$  % масс Th = 2 Бк/кг) и эффективный для массовых геохимических анализов. Временной режим анализа (60 с облучения, 20 с выдержка и 60 с измерение) поддерживается автомати-

ческой установкой МЗН-3 с производительностью 20 проб/час. Представительность пробы массой 5÷10 г повышает качество анализа. Диапазон определяемых содержаний необычайно широк: 8 порядков, что позволяет анализировать, практически, любые природные объекты без химической пробоподготовки и без разрушения пробы. Воспроизводимость результатов по всему диапазону определяемых содержаний от 1 до 20 % отн. Правильность анализа многократно проверена по международным и российским стандартным образцам. Стандартное отклонение составляет 1÷10% отн.

Осколочная радиография (ОРГ) является уникальным методом анализа делящихся радионуклидов - урана и тория в самых различных объектах и используется главным образом, для изучения пространственного распределения урана и тория в пробе, а также для количественных определений. Чувствительность метода настолько высока, что позволяет зафиксировать и наблюдать визуально единичный акт деления ядра. При этом на детекторе (лавсановая пленка и др.) образуется отпечаток в виде трека. Количество треков пропорционально содержанию радионуклида в данной точке пробы. Метод ОРГ с лавсановым детектором, выдерживающим флюенс  $5 \cdot 10^{16}$  нейтр./см<sup>2</sup> позволяет определять содержания в нефтях, воде, жидких и твердых растительных, биологических и геологических объектах. Пределы определения (для урана -  $1 \cdot 10^{-8}$  % масс = 0,001 Бк/кг и для тория -  $2 \cdot 10^{-5}$  % масс = 0,8 Бк/кг) могут быть значительно снижены для детекторов, более радиационностойких, чем лавсан.

Данные ядерно-физические методы анализа радионуклидов широко применяются нами в экологических, геохимических и геологоразведочных исследованиях.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА МЕТОДОМ ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **DETERMINATION OF URANIUM ISOTOPES IN ENVIRONMENTAL SAMPLES BY THE DELAYED NEUTRON METHOD**

Левицкий В.М., Вертман Е.Г.

Томский политехнический университет, 634004,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 2-а, тел. (3822) 77-28-45, 41-89-10

Возросшая опасность загрязнения окружающей среды особо токсичными радиоактивными делящимися элементами - ураном, плутонием, торием, их изотопами и продуктами деления в результате ядерных испытаний, деятельности предприятий ядерно - энергетического комплекса требует создания экспрессных методик и приборов для их определения с высокой чувствительностью и хорошей точностью.



Наиболее полно этим требованиям удовлетворяет метод запаздывающих нейтронов (МЗН), который уступает по точности лишь методу масс-спектрометрии (МСМ), зато превосходит его по экспрессности. МЗН в нашей стране разработан авторами работ [1,2], в которых этим методом определялись уран и торий. В основу метода положена реакция деления ядер атомов тяжелых элементов под действием нейтронов и регистрация запаздывающих нейтронов, испускаемых осколками деления. Процесс испускания нейтронов практически мгновенный, поэтому снижение нейтронной активности определяется периодом полураспада изотопов - предшественников. Экспрессность метода (2,5 мин./ анализ) обусловлена малыми периодами полураспада осколков деления, которые не превышают нескольких десятков секунд, использованием пневмопочты для доставки исследуемых проб в активную зону реактора и в блок регистрации, возможностью автоматизации всех процессов. В природе существует всего два делящихся элемента в значимых количествах : это уран и торий, которые определяются МЗН с высокой избирательностью в сложных по химическому составу матрицах без их разрушения в присутствии бета- и гамма-фона высокой интенсивности.

Различие ядерных свойств изотопов урана-235 и урана-238 позволяет определять изотопный состав урана при раздельном облучении проб быстрыми и смешанными реакторными нейтронами [3,4,5,6]. Уран-235 определяется при облучении исследуемой пробы в смешанном нейтронном потоке. При повторном облучении пробы в нейтронном потоке, из которого тепловые нейтроны удалены кадмиевым экраном, определяется содержание урана-238. В этом случае необходимо сравнение со стандартными образцами, имеющими различный изотопный состав, так как число запаздывающих нейтронов, соответствующих делению урана-235 надтепловыми нейтронами, одного порядка с числом запаздывающих нейтронов, соответствующих делению урана-238.

Продолжительность облучения, выдержки (для устранения влияния на результат активности мешающих элементов -  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$  воздуха и материала капсулы) и измерения составляет 60 с, 20 с, 60 с соответственно. Калибровка проведена по государственным стандартным образцам изотопного состава СОИСУ. Нами исследованы на определение изотопного отношения  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  стандарты МАГАТЭ уранового концентрата IAEA-363, урановой руды IAEA-364, отечественные стандарты урановой руды и химреактивы: азотнокислый уранил, фторид урана, уксуснокислый уран. Результаты исследований представлены в таблице 1 в сравнении с определением методом масс-спектрометрии. Масс-спектрометрические определения выполнены сотрудником межвузовской лаборатории ТГУ Черниковым Е.В.

Определение отношения  $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$  методом запаздывающих нейтронов

Шифр пробы	Характеристика пробы	МСМ	МЗН
Фторид урана	$\text{UF}_4$	138,06	136,5
Уранил	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	219,5	220,5
Уксуснокислый уран	$\text{UO}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	137,43	138,0
IAEA-363	урановый концентрат	137,92	139,1
IAEA-364	урановая руда	137,8	137,0
УР - 47	урановая руда	—	138,4
УР - 114	урановая руда	—	139,0
Д - 1	урановая руда	—	136,1
С - 2	урановая руда	—	140,2

При анализе природных объектов определению изотопного отношения урана мешает торий. Для устранения его влияния на результат при анализе почв вблизи Сибирского Химического Комбината (СХК), мы использовали МЗН для определения  $^{235}\text{U}$ , а  $^{238}\text{U}$  определялся инструментальным нейтронно-активационным анализом с использованием полупроводникового детектора. В качестве примера, в таблице 3 приведены некоторые результаты измеренных проб.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований. На результат определения отношения  $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$  мог оказать влияние плутоний, обладающий одинаковыми ядерными свойствами с  $^{235}\text{U}$ , присутствие которого в почвах возможно в результате воздействия ядерного комплекса СХК на окружающую среду.

МЗН использовался также для определения изотопного состава урана в графите при отработке технологии изготовления шаровых ТВЭлов (таблица 2).

Таблица 2

Определение отношения  $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$  МЗН в графите

Шифр пробы	Масса пробы, г	$^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$
1	6,5	46,6
2	5,5	79,4
3	5,4	79,4
4	5,8	42,6
5	6,3	140,2
6	8,4	126,7
7	6,7	140,5
8	5,6	137,4
9	7,4	137,5
10	6,9	137,5
УР - 47	1,0	137,5

Таблица 3

Определение изотопного отношения  $^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$  в почвах

Шифр пробы	Масса пробы, г	$^{238}\text{U} / ^{235}\text{U}$
93223	5	20,5
93220	5	114,4
93301	5	87,9
93222	5	47,8
93219	5	291,7
93225	5	101,7
93302	5	125,6
93304	5	97,5
93515	5	70,0
С Г - 1 А	0,1	137,7

Возникла острая необходимость и есть все предпосылки для создания экспрессного метода определения плутония без разрушения пробы на базе аналитического комплекса МЗН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вертман Е.Г., Мещеряков Р.П., Столбов Ю.М. Экспрессный неразрушающий метод определения кларковых содержаний урана и тория в геологических объектах по запаздывающим нейтронам. -Тр. ИГиГ СО АН СССР, 1975. Ядерно-геофизические методы в геологии. Новосибирск: Наука, 1975. -С.54-63.
2. Вертман Е.Г. Анализ геологических проб методом запаздывающих нейтронов и его применение для решения некоторых геолого-геофизических задач. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Томск, 1981.
3. S. Amiel. Analytical Applications of Delayed Neutron Emission in Fissionable Elements.// Anal.Chem. Vol.34, No 13, 1962. -p. 1683 - 1692.
4. С. Амиел, М. Пейсах. Использование запаздывающих нейтронов в активационном анализе. Атомная энергия, т.14, вып.6, 1963. -С.535-543.
5. Е.Т. Джордж, М.А. Аль-Аббаси, Г.Ю. Аль-Шахири и др. Активационный анализ содержания урана и тория и их смесей методом регистрации запаздывающих нейтронов// Прикладная ядерная спектроскопия, вып.3, М.:Атомиздат,1972.-С.15-23.
6. Вертман Е.Г., Левицкий В.М. Метод запаздывающих нейтронов и трековая осколочная радиография делящихся элементов// Тез. док.3-го Всесоюз. совещ. "Радиографические методы исследования в радиогеохимии и смежных областях", Томск, 1991, Новосибирск: Наука, 1991. -С.86 - 87.

#### **ОПТИЧЕСКИЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ СПЕКТРОАНАЛИЗАТОР ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ УРАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.**

**OPTICAL COMPUTER SPECTRAL ANALYSER OF THE IMAGE FOR DETECTION OF MICROAMOUNTS OF URANIUM COMPOUNDS AND IONS OF HEAVY METALS.**

Прокопьев В.Е., Суслов А.И.

Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055, Россия, г. Томск,  
пр. Академический, 4, тел. 3822-25-88-91, E-mail:root@hcei.su

Для дистанционного определения объектов окружающей среды, например, загрязненных участков почвы, водоемов, технических устройств требуется не только определить вид загрязнений, но и найти область и границы этих участков, а также скорость и направление перемещений этих областей.

В основе разрабатываемых современных методов и приборов для диагностики лежат следующие требования: высокая чувствительность и точность, экспрессность, неконтактность, безвредность для персонала. Одним из наиболее чувствительных и точных методов диагностики вещества на расстоянии являются спектроскопические методы, основанные на регистрации спектров флюоресценции и отражения этих веществ с помощью спектральных приборов и многоканальных координатно чувствительных фотоприемников (например, ПЗС-матрицы, видеконы, и т.д.), сочлененных с усилителями яркости излучения например, ЭОПами с микроканальными пластинами (МКП). При этом изображение и спектры слабосветящихся объектов можно регистрировать в режиме накопления фотонов с последующей обработкой их с помощью персонального компьютера. Излучение объектов может иметь как собственную природу, так и индуцироваться от стороннего источника (лазерное, рентгеновское излучение, электронные пучки и т.д.).

Одной из привлекательных сторон подобных устройств является возможность обнаружения объектов, находящихся в труднодоступных местах с помощью волоконно-оптических проводников. Последнее особенно важно при работе на ядерно-энергетических комплексах и устройствах. Кроме того, импульсные стробоскопические системы регистрации позволяют измерить временные характеристики объекта и позволяют уменьшить внешние и внутренние шумы прибора. Важным компонентом комплекса являются программы по распознаванию спектральных и пространственных образов, позволяющие идентифицировать вещества в режиме реального времени с возможностью самообучения.

В настоящем сообщении представлены основные параметры стробоскопической системы телевизионной регистрации слабых оптических сигналов с усилителями яркости и обработкой результатов измерения с помощью программы распознавания образов на персональном компьютере. На рис. 1 представлена схема установки. Установка имеет следующие технические параметры: диапазон длин волн источника светового возбуждения - 200-1300 нм; спектральный диапазон чувствительности - 200-1200 нм; разрешение по времени - 200 нс; частота срабатывания в импульсном режиме - до 100 Гц; спектральное разрешение - не хуже 1 А. Для облучения образцов используются также рентгеновские и электронные пучки с энергией до 300 КэВ от малогабаритных импульсных генераторов. Система может быть адаптирована к различным микроскопам, волоконно-оптическим линиям и телескопам. На рис. 2 представлен пример реализации одной из функций этой установки: определения состава образцов на расстоянии 5 м при облучении ультрафиолетовым излучением. В центре рисунка помещено растровое изображение этих объектов. В верхней и нижней части рисунка представлены их спектры свечения, показывающие, что нижний объ-

ект на растровом кадре содержит соединения урана, а верхний - относится к фосфоресцирующим соединениям, содержащим ионы меди.

При использовании импульсных лазеров УФ-, видимого и ИК-диапазонов в качестве источников возбуждения спектров можно определить радиоактивные соединения урана в атмосфере, почвах и жидкостях, а также следовые количества вредных органических соединений в атмосфере, например белково-витаминных концентратов.

Настоящая установка может быть использована также для обнаружения и слежения за перемещениями природных или промышленных выбросов радиоактивного Хе, Кг и Аг в атмосфере.

В работе проведено сравнение спектров флуоресценции природных минералов при их возбуждении ультрафиолетовым излучением и электронными пучками. Показано, что при облучении образцов как УФ-излучением, так и электронами в спектрах легко обнаруживаются полосы флуоресценции примесных ионов переходных и редкоземельных элементов: Mn, Cr, Fe, Eu, Sm, Ce, и т.д..

Обнаружено, что в спектрах флуоресценции минералов при возбуждении ультрафиолетовым излучением проявляются сложные полосы флуоресценции, принадлежащие органическим соединениям, которые отсутствуют при возбуждении минералов электронными пучками.

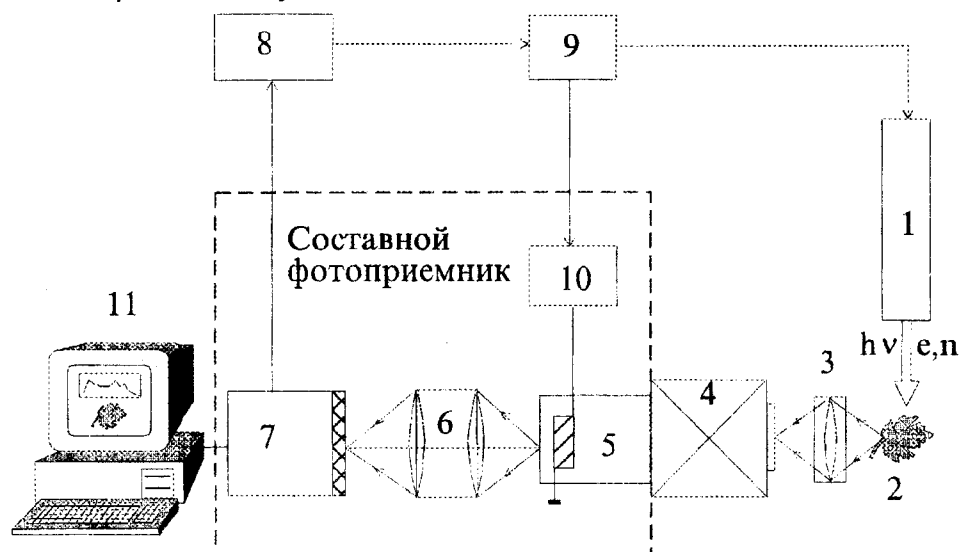


Рис.1. Принципиальная блок-схема экспериментальной установки. 1 - источник возбуждения флуоресценции образца; 2 - образец; 3 - объектив микроскопа или телескопа; 4 - спектральный прибор; 5 - усилитель яркости изображения; 6 - оптический адаптер; 7 - координатно-чувствительный элемент с блоками управления (видеокамера); 8 - блок деления частоты; 9 - блок сопряжения систем регистрации, возбуждения и обработки; 10 - генератор высоковольтных импульсов; 11 - ПК IBM PC (386 или выше).

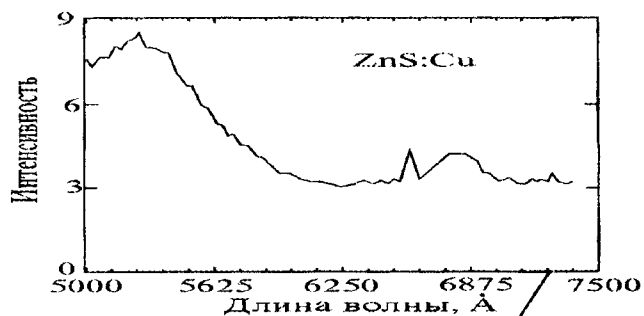


Рис. 2.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ УРАНА ПО ИЗЛУЧЕНИЮ ИЗОТОПА ТН-234  
С ПОМОЩЬЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ  
DETERMINATION OF CONCENTRATION URANIM FOR EXPOSURE 234 THORIUM  
WITH HELP SEMICONDUCTOR GAMMA-SPECTROMETRY**

Булнаев А.И., Вахромеев Г.С.

Иркутский государственный технический университет, Россия, г. Иркутск

Недостатком традиционного способа определения содержаний урана - сцинтилляционной гамма-спектрометрии жесткого излучения продуктов распада радия ( $\text{Bi}^{214}$  или  $\text{Pb}^{214}$ ) является то, что он не прямой, т.е. применение его возможно при условии радиоактивного равновесия в ряду  $\text{U}^{238}$ . Нарушение равновесия вследствие выщелачивания радия, эманирования, функционирования изотопов и других причин снижает точность анализа и делает метод малоприменимым для количественных определений урана. Спектрометрия гамма-излучения изотопа  $\text{U}^{235}$  не может рассматриваться в качестве эффективного метода определения урана, т.к. содержание этого изотопа в природной смеси изотопов урана слишком мала (0,714 %).

Анализ справочных данных показывает, что для прямого определения урана может использоваться ближайший продукт распада  $U^{238}$  - изотоп  $Th^{234}$ , спектр гамма-излучения которого содержит две интенсивные линии с энергиями 63,3 и 92,8 кэВ. При этом, однако, необходимым условием является возможность измерения гамма-излучения в диапазоне энергий до 100 кэВ с высоким энергетическим разрешением. Это условие выполняется, если в качестве регистрирующего устройства гамма-спектрометра использовать полупроводниковый детектор (ППД).

В докладе излагаются результаты изучения спектров гамма-излучения образца урановой руды, измеренных на разных ППД: радиационном германиево-литиевом детекторе с рабочим объемом  $8 \text{ см}^3$ , планарном Ge (Li) - детекторе объемом  $40 \text{ см}^3$  и детекторе из сверхчистого германия с площадью чувствительной области, равной  $25 \text{ мм}^2$ , и толщиной - 5 мм.

Результаты экспериментов показали, что применение полупроводникового детектора из особо чистого германия позволяет определять содержания урана по его ближайшему дочернему продукту - изотопу  $Th-234$  путем непосредственного определения площадей фотопиков с энергией 63,3 и 92,8 кэВ.

## НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И ТИТАНА В СРЕДНЕАЗИАТСКОМ КАОЛИНЕ

### NEUTRON ACTIVATION DETERMINATION OF IRON AND TITANIUM IN CENTRAL ASIA KAOLIN

Kadyrova M., Jumaev N. and Usmanova M.M.

Institute of Nuclear Physics, Uzbek Academy of Sciences, Phone: 3712-616303,

Fax: 3712-642590, E-mail: usmanova@pc204.suninp.tashkent.su

Modern ceramics are in wide use in life and many fields of modern engineering such as electronics, radio engineering, nuclear power generation and others. One of the main components of many kind of ceramics is kaolin. Kaolins from different deposits have different amounts of fine-grained quartz and dyeing oxides of iron and titanium.

Presence of such elements as Fe and Ti and their oxides in kaolin leads to creation of local damages in burning, which deteriorate electrical and mechanical characteristics of ceramics and their articles.

To get high quality ceramic materials it is necessary to purify an industrial kaolin from iron, titanium and their compounds. This process requires one to control Fe and Ti content in kaolin clays at all stages of their technological processing. For this purpose instrumental neutron activation technique to determine iron and titanium concentrations is

kaolin has been elaborated. The thermal neutron capture and fast neutron (n,p) reactions were used to determine iron and titanium respectively.

Determination limits of iron and titanium were 5 ppm and 0.05 ppm respectively with standard deviation of 0.1 in both cases. For the specimens have been analyzed the range of concentrations was 10 - 100 ppm for iron and 1 - 100 ppm for titanium.

## **DETERMINATION OF URANIUM IN PHOSPHORIC ACID AND PHOSPHORUS FERTILIZER**

En Z., Jumaev N. and Usmanova M.M.

Institute of Nuclear Physics, Uzbek Academy of Sciences, Tashkent 702132, Uzbekistan.

Phone: 3712-616303, Fax: 3712-642590, E-mail: zinaen@suninp.tashkent.su

Uranium concentration measurements in production phosphoric acid and phosphorus fertilizer have been carried out. For this purpose the "wet" technique for determination of uranium in liquids developed in our laboratory [1] has been applied, which was based on thermal neutron induced fission of U-235 and fission fragment detection using a plastic SSNTD, viz., polyethylene terephthalate (Lavsan).

Specimens for analysis were production phosphoric acid and ammophous produced from Central Asia phosphorites under laboratory conditions. In order to apply wet method ammophous was dissolved in nitric acid. Standard samples were prepared by dissolving certain amounts of uranyl nitrate in dilute nitric acid.

The experimental procedure consisted of the irradiation of detector strips immersed in polyethylene tubes with standard sample and the solutions to be analyzed with WWFR reactor thermal neutrons, followed by chemical etching of the detectors in the 6N NaOH

Since acid solutions are active media for many kind of materials, detector properties of the Lavsan detector were tested for various nitric acid concentrations at different irradiation times (1.5 - 17 h), and have been found to be independent of the solution concentration in the range of 0.1 - 4.0 N.

Uranium concentration has been found to be 8 - 67 and 11 - 70 ppm for phosphoric acid and ammophous respectively. From these results a conclusion can be drawn, that much attention must be paid to purification of phosphoric acid from uranium in order to produce fertilizer for common utilization.

### **REFERENCE**

1. En Z., N. Jumaev and M.M.Usmanova (1995). Application of fission track detection technique for determination of uranium in liquids. Radiation Measurements, V 25 Nos 1-4, 389-390.



**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРА ОТ МОНОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ИСТОЧНИКА В ОБЛАСТИ ПИКА ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ**  
**THE IRREGULAR SPECTRUM MONO-ENERGY SOURCE AT THE  
COMPTON-SCATTERING MEDIUM**

Кузнецов А.Ф.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова, Россия, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1"А",  
(3952) 276013, E-mail. kuznet@igc.irkutsk.su

Известно (см., например, [1]), что для точечного моноэнергетического источника в бесконечной среде комптон-рассеивателя наблюдается резкий максимум в спектре - так называемый Пик Обратного Рассеяния. Физическая природа этого максимума далеко не очевидна. Обусловлен он однократно - рассеянными частицами, испытавшими "лобовое" столкновение (пик обратного рассеяния), хотя никакой особенности в сечении комптон-рассеивателя от направления нет.

Мне удалось получить простую формулу для спектра однократно рассеянных гамма-квантов от точечного моноэнергетического источника в бесконечной однородной среде комптон-рассеивателя путем аналитического вычисления столкновительного интеграла в уравнении переноса (уравнение Больцмана). Поведение полученного решения, в точности совпадающее с рассчитанными в [1] методом Монте-Карло спектрами, подтверждает тот факт, что пик обратного рассеяния обусловлен однократно-рассеянными гамма-квантами, а природа пика имеет чисто геометрический характер и объясняется геометрическими свойствами фазового пространства положений-скоростей частиц.

Если построить решение уравнения как ряд по кратностям рассеяния, то каждое последующее слагаемое будет все более и более "выползаться" по пространственной и энергетической переменным, что является фундаментальным свойством решения уравнения Больцмана. В случае, когда решение формирует сумма большого числа слагаемых, великолепно работает Sn -метод и его простейшая разновидность - Диффузионное приближение. В случае же, когда указанные численные методы не работают, достаточно получить или оценить однократно-рассеянную компоненту потока и подставить ее в столкновительный интеграл уравнения переноса для учета всех особенностей спектра.

Таким образом, получение простого решения для потока, обусловленного однократно-рассеянными частицами, позволяет:

1. Описать пик обратного рассеяния в спектре и вычислить его площадь (гамма-спектрометрические приложения);

2. Получать правильные результаты по программам численного решения уравнения переноса путем подстановки в столкновительный интеграл потока однократно рассеянных частиц - в случае, когда не работают традиционные численные методы.

Получить поток от источника первого столкновения можно интегрированием нерассеянного потока по пространству, энергии и направлениям, что уже для случая плоского источника в двухслойной геометрии очень сложно и не приходится рассчитывать на простой вид решения.

Мне удалось получить аналитическое решение для плоского источника в двухслойной геометрии земля-воздух, выразив его через функции вида

$$I(t,x) = \int_0^x e^{-t^*z} * I_0(z) dz;$$

$$K(t,x) = \int_0^x e^{-t^*z} * K_0(z) dz;$$

$$X \in [0; +\infty[, t \in [0; +\infty[$$

Поведение этих функций на всем диапазоне параметров не позволяет проводить простое численное интегрирование, поэтому пришлось найти для них достаточно точные полиномиальные выражения.

Асимптотическое выражение для пика обратного рассеяния имеет вид:

$$f_1(z, E, \mu) \rightarrow e^{\Sigma(E)z/\mu} / (-\mu); \quad \mu < 0$$

$$E \rightarrow E_0 * Me * c^2 / (2 * E_0 + Me * c^2);$$

Здесь  $E_0$  - энергия источника,  $Me * c^2 = 0,511$  МэВ - масса покоя электрона.

Выражение это по форме напоминает известное выражение для углового распределения нерассеянного потока от плоского источника на границе раздела Земля-Воздух.

Из проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Угловое распределение потока однократно-рассеянных гамма-квантов от плоского моноэнергетического источника при небольших заглоблених имеет особенности в области малых косинусов рассеяния, то есть обратно рассеянные гамма-кванты, как и нерассеянные, летят преимущественно параллельно поверхности земли.
2. Пик обратного рассеяния настолько же чувствителен к заглоблению, насколько и угловое распределение нерассеянного потока. Таким образом, умея рассчитывать площадь пика обратного рассеяния, можно по результатам полевой гамма-спектрометрии с антиколлиматором оценить распределение источника по глубине. что гораздо проще измерения угловых характеристик поля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Peter Jacob and Herwig G. Paretzke. "Gamma-Ray Exposure from Contaminated Soil" Nucl. Eng., 93, 248 (1986).

# ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ПО ИСТОЧНИКАМ ИЗЛУЧЕНИЯ ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ОТ ЕРН И Cs-137

## GAMMA-RAY EXPOSURE AND IT ITEMS AT THE GROUND OF THE SOIL

Кузнецов А.Ф.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова, Россия, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1"А",  
(3952) 276013, E-mail. kuznet@igc.irkutsk.su

При измерении мощности экспозиционной дозы на местности важно знать составляющие полной мощности дозы, измеренной дозиметром и обусловленные всеми имеющимися источниками излучения. Для территорий, не подвергшихся радиоактивному загрязнению, это прежде всего излучение от естественных радионуклидов (K-40, Ra-226, Th-232), техногенных радионуклидов (основной вклад дает Cs-137), излучение продуктов распада Радона и Торона, Космика, а также собственный фон прибора, которым проводилось измерение. Мною были рассчитаны коэффициенты перевода удельной активности в мощность дозы (экспозиционной и поглощенной) для ЕРН и Цезия-137 для предполагаемых пространственных распределений источников для разных плотностей и химических составов земли. При этом выявляются основные закономерности формирования полной мощности дозы от геометрии источника и химического состава и плотности земли.

Проводится сравнение рассчитанной и измеренной мощностей доз для района западного побережья озера Байкал и бассейна реки Голоустной. Во всех точках наблюдается согласие расчетных и экспериментальных результатов, полученных дозиметром ДБГ 06-Т, что свидетельствует о корректности вычисления коэффициентов пересчета удельной активности в мощность дозы, а также об отсутствии поверхностных аномалий в точках измерений и отбора проб.

Рассчитаны и приведены простые аппроксимационные выражения для полученных коэффициентов, что позволяет по результатам лабораторного гамма-спектрометрического анализа получить предполагаемую дифференцированную по источникам оценку мощности дозы.

Анализ полученных результатов расчета позволяет сделать общий вывод о том, что ожидаемую мощность дозы над поверхностью территории, не подвергшейся радиоактивному загрязнению, можно достаточно точно оценить, если знать приповерхностную плотность земли и удельные содержания ЕРН в поверхностном слое почвы. Мощность дозы над породами или землями с относительно большой (свыше  $1 \text{ г/см}^3$ ) плотностью определяется лишь удельным содержанием ЕРН, так что для пород с преимущественным содержанием Тория и Радия можно лишь по измерениям гамма-фона с хорошей степенью точности оценить удельное содержание находящегося в них радионуклида.

## Результаты дифференцированной оценки мощности дозы в точках пробоотбора

Шифр точки	Плотность земли	Cs-137	K-40	Th-232	Ra-226	Космика и собст. фон Приб.	Сумма	Измерение ДБГ-06Т	Стандартное отклонение
	г/см <sup>3</sup>	мкР/ч	мкР/ч	мкР/ч	мкР/ч	мкР/ч	мкР/ч	мкР/ч	мкР/ч
J5	0,74	0,21	2,85	5,56	2,39	4	15,0	14,4	1,2
J6	0,59	0,28	1,46	2,62	0,62	4	9,0	10,8	1
J7	1,16	0,36	1,72	2,52	2,02	4	10,6	12,1	0,9
J8	0,95	0,17	2,37	2,37	1,34	4	10,3	12,2	1,1
J9	0,96	0,24	2,01	2,63	1,08	4	10,0	12,8	1,1
J10	1,04	0,25	1,99	3,07	2,11	4	11,4	9,8	1

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Для расчета мощности дозы по известному составу и распределению источника в почве в большинстве случаев достаточно знать лишь плотность земли.
2. Для расчета мощности дозы от Цезия необходимо также знать и закон распределения его по глубине.
3. Вклад в полную дозу продуктов распада Радона и Торона, присутствующих в воздухе, в общем случае незначителен для открытых пространств вне аномальных его содержаний в воздухе.
4. Оценка вклада Радона и Торона в мощность экспозиционной дозы для разной геометрии источника представлена в табл. 2:

Таблица 2

	РАДОН (мкР/ч)/(Бк/м <sup>3</sup> )	ТОРОН (мкР/ч)/(Бк/м <sup>3</sup> )
Геометрия 1 Равномерное распределение в надпочвенном воздухе в слое высотой 10 м)	6,3	8,4
Геометрия 2 Равномерное распределение во всем верхнем полупространстве)	44	63

## КОСМОДЕШИФРИРОВАНИЕ ПРИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕКОТОРЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

### THE SPACE IMAGES APPLICATION FOR RADIOECOLOGICAL INVESTIGATION OF THE CONSEQUENCES OF NUCLEAR EXPLOSION SITES

Кочкин Г.Б., Сухов С.А., Яшин Б.А., \*Гедеев А.Д., \*Петров Е.Р.

ВСЕГЕИ, \*НПО "Радиевый ин-т им.В.Г.Хлопина", Россия, г. Санкт-Петербург

Ряд подземных ядерных взрывов в мирных целях был проведен в недавнее время в малонаселенных районах России. Часть из них вызвала изменение радиологической обстановки Среды на локальных участках Республики Якутия-Саха, Коми и др. [1,2]. Проведенная рекультивация таких участков существенно улучшила радиологическое состояние, однако, необходимость его обоснованного прогноза заставляет продолжать изучение таких участков и продолжать проработку необходимых на них мероприятий. В настоящее время основными радионуклидами, опреде-

ляющими радиационную обстановку на загрязненных участках, являются : плутоний-239, 240, цезий-137 и стронций-90. В комплексе методов изучения и мониторинга на таких участках важное место занимает дешифрирование космических и разновысотных аэрофотоснимков. Так, при изучении после рекультивации объекта "Кратон-3", расположенного на р.Марха выше устья р.Чукума, были использованы космические снимки в масштабе 1: 200000, полученные в видимом диапазоне спектра. Съемки дневного времени суток, в июле месяце, в период интенсивной вегетации. Участок местности, где в 1978 году был произведен подземный ядерный взрыв "Кратон-3" расположен в зоне лиственничной тайги на вечной мерзлоте.

В результате 14 кратного увеличения, полученного фото путем, отчетливо дешифрируется изучаемый объект и окрестности. Его участок представляет собой аномальное светлое поле неправильной овальной формы, центральная часть которого выделяется изометричным темным кольцом. На снимках четко дешифрируется геологическая структура участка. В условиях горизонтально залегающих толщ горных пород (слоистость подчеркивается разным тоном слоев), на пологих склонах реки развита густая сеть временных водотоков. На этом фоне отчетливо прослеживается линейное нарушение сплошности пород (разлом) протяженностью около 1900 м северо-восточного простирания, вкрест залегания слоев. Зона нарушения юго-западным окончанием упирается в изучаемый объект и, возможно, дренируется руслом р.Марха. На северо-востоке она ограничена горизонтально залегающей пачкой, расположенной гипсометрически выше. Затухание разрывного нарушения произошло в результате различной компетентности пород (их жесткости).

Отчетливо дешифрируемое светлое поле размером 170 м (по длинной оси) и более 90 м. в поперечнике отвечает площади рекультивации, в том числе, выжившейся в уничтожении на ней растительности. Далее на северо-восток прослеживается осветленное поле вдоль склона, предположительно связанное с выбросом или выпадением осадков. Протяженность этого поля по длинной оси более 2 км и в поперечнике 350-400 м.

В связи с использованием космоснимков среднего масштаба, более детальное изучение микроформ рельефа техногенного происхождения и геоботаническое дешифрирование затруднены, в том числе, и для доступных электронных технологий анализа данных. Для этих целей целесообразно проведение специальных аэрофотосъемок планового характера, одновременных, в разных зонах спектра. Такие съемки в сочетании с экспериментальными данными по содержанию плутония-239,240, цезия-137 и стронция-90 в почвах, грунтах, донных отложениях и растительности, в конечном итоге, должны привести к созданию крупномасштабных компьютерных карт радиоактивных загрязнений в районах расположения аварийных скважин подземных ядерных взрывов, проведенных в мирных целях. Создание таких

карт с использованием региональных данных ВСЕГЕИ и детальных работ НПО "Радиовый институт им. В.Г.Хлопина" по радиоэкологическим исследованиям на местах аварийных подземных ядерных взрывов позволит четко оконтурить локальные участки местности, на которых необходимо проводить реабилитационные мероприятия и осуществить прогнозирование изменений в радиационной обстановке с учетом конкретных ландшафтно-географических особенностей изучаемых территорий.

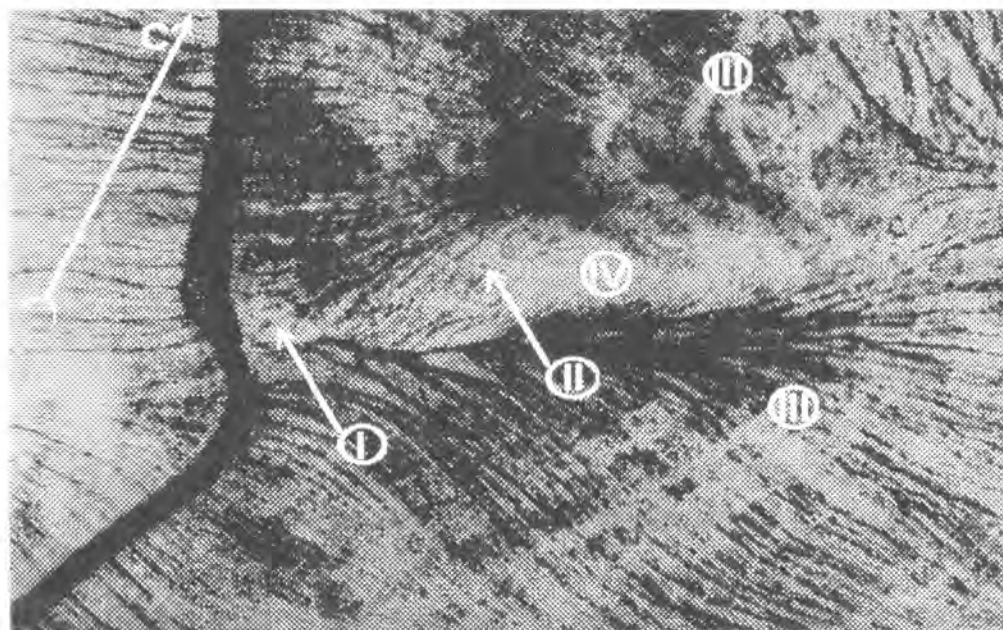
На "Кратоне-3" особое внимание следует обратить на возможные взаимосвязи отмеченного разлома и гидрогеологических условий участка, что в значительной мере определяет миграцию радионуклидов в условиях развития вечной мерзлоты

В целом, рассматриваемый объект, наряду с другими подземными ядерными взрывами, произведенными в мирных целях ("Кристалл", "Березовка" и др.) может рассматриваться как эталонный полигон для мониторинга и комплексного анализа последствий таких взрывов и проводимых мероприятий по их ликвидации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д.Гедеонов, И.Н.Кулешова, Л.П.Бакушкина и др. Сб. "Радиационное загрязнение территории республики Саха (Якутия) - проблемы радиационной безопасности" - Якутск, 1993 -С.214-232

2. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию (м-ба 1:1 000 000 - 1:500 000 ; 1:200 000 - 1:100 000 ; 1:50 000 - 1:25 000 ) -М ВСЕГИНГЕО, 1990



**Рис. 1** Увеличенное космическое изображение участка "Кратон-3"

I - Участок рекультивации ; II - Линия нарушения сплошности пород (разлом) ; III - Слоистость горных пород ; IV - Область предполагаемых природных изменений

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ:

## К ПРОБЛЕМЕ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА

METHODOLOGICAL ORGANIZATION PRINCIPLES OF COMPLEX RADIOECOLOGICAL  
INVESTIGATIONS: TO THE PROBLEM OF THE FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE

Тухватулин Р. Т., Гуреев С. П., Аносова Н. В., Кривова Н. А., Дмитриева Н. Г.,  
\* Смагулов С. Г.

НИИ биологии и биофизики при ТГУ, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36,  
тел. (3882) 410-103, факс (3882) 223012, E-mail: rtt@reinbb.tomsk.su, \* Институт  
Радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра  
Республики Казахстан, Казахстан

Организация комплексных радиэкологических исследований предполагает решение следующих основных вопросов: постановку цели и задач исследования; разработку программы исследования; получение результатов исследования; анализ результатов исследования; прогноз и выработку рекомендаций.

Как показал проведенный анализ литературы и собственный более чем 20 летний опыт комплексных экологических исследований перечисленные выше вопросы недостаточно хорошо разработаны в методическом плане. В настоящем сообщении представлены методологические аспекты организации комплексных радиэкологических исследований, разработанные по проблеме бывшего Семипалатинского полигона.

### 1. Цель и задачи

Цель: Оценка экологических последствий ядерных испытаний на территории бывшего Семипалатинского полигона (СП).

Предлагается решение следующих задач:

1. Экспресс - оценка глобальной и региональной опасности радиационного загрязнения территории СП.
2. Оценка ущерба населению и радиационной опасности СП для населения. Разработка рекомендаций по сохранению здоровья населения
3. Оценка современного экологического состояния и последствий ядерных испытаний на территории СП. Определение ущерба природе.
4. Оценка возможностей народно - хозяйственного, научного и иного использования территории СП (добыча природных ископаемых, животноводство, сельское хозяйство, экологический полигон, научный туризм, туризм, заповедник, и т. д.)

По каждой задаче может быть составлена своя программа исследований, для их выполнения и принятия решений необходимо создать координационную группу, поскольку работы могут задаваться и финансироваться различными организациями.

## 2. Методологические основы разработки программы исследования,

включают в себя 2 аспекта: организационный и методический.

### Организационный:

Организация координационной группы; конкурса проектов программ; независимой экспертизы проектов программ; выбор наиболее эффективной на данный момент времени программы (ряда программ) и стратегии ее выполнения; определение приоритетов в выполнении мероприятий по программе на конкретный срок; проработка предложений по финансированию научных исследований по программе.

### Методический:

Разработка общей и конкретных программ исследования; детальная проработка методологической основы программы, вплоть до уровня частных программ и отдельных исполнителей; разработка общей структуры программы и сетевого графика ее исполнения; разработка и реализация требований к программам различных уровней; реализация общей концепции программы путем постоянного научно - методического контроля за выполнением программ любого уровня, коррекция связей между различными ее элементами; обеспечение конечного результата программы путем обобщения и интерпретации результатов частных программ в духе принятой концепции.

## 3. Методологические основы получения результатов исследования

Включают в себя:

Поиск имеющейся информации по проблеме; разработка требований к представлению результатов исследований; выбор алгоритма методического подхода (выбор концепции)

Выбор концепции зависит от конкретной задачи исследования. На основании анализа существующих концепций ("До - после", "Доза - эффект", "Стимул - объект - реакция", "Биоиндикация", "Биотест") разработана собственная концепция комплексных радиозкологических исследований "Стимул - объект - реакция - карта - время" предполагающая детальный анализ действующих факторов, объектов исследования регистрируемых реакций, пространственно - временной картины изучаемых событий.

**Стимул.** Весь опыт предшествующих исследований показывает, что поиск одного фактора ответственного за нарушение и деградацию экосистем бесперспективны. Стимулы по характеру воздействия подразделяются на: специфические и неспецифические, прямые и опосредованные; по происхождению на: естественные (абиотические, биотические) и антропогенные. Все негативные и позитивные факторы обычно действуют совместно (эффект синергизма).

**Объект.** Из огромного разнообразия объектов исследования необходимо выбрать именно те, чья реакция наиболее адекватно отражает степень антропогенной трансформации окружающей среды. Рассмотрены основные критерии выбора рабо-



чих (контрольных и опытных) площадок и объектов исследования, определяемые конкретной задачей и уровнем организации биосистем (ареал обитания, оседлость, антисинантропность, индикационная пластичность вида, достаточная масса пробы, простота добычи и учета, изученность вида и внутривидовых группировок, изученность к действию исследуемого фактора и т. д.).

**Реакция.** Экологический мониторинг имеет дело с тремя множествами: множеством причин, множеством объектов и множеством последствий. Регистрируемые показатели независимо от уровня организации исследуемой биосистемы должны быть интегральными и информативными. Предложен ряд критериев, адекватно характеризующих или отражающих состояние биосистемы на соответствующем уровне организации: ландшафтный (морфология, структурная сложность, экологическая ценность и др.); биогеоценотический (видовой состав, динамика численности, пространственная структура, распределение, границы ареалов, структура доминирования и др.); популяционный (возрастной состав, половая структура, пространственная структура, генетическая структура, динамика численности, показатели плодовитости, эколого-этологической адаптации, спектры жизненных форм); организменный (морфологические, соматические, генетические показатели и др.) и т. д.

**Карта (пространство).** Обязательным условием эффективного проведения комплексных экологических исследований является четкое пространственно - временное определение всех событий, связанных с действующим стимулом, объектом исследования и его реакцией на это воздействие. Наиболее оптимальным видом представления такой информации, на наш взгляд, является пакет карт: прикладных и ресурсных, антропогенной нагрузки, биологических и др., включающих полную характеристику: времени, интенсивности и территориального распределения действующих факторов; физико - географических условий обследуемой территории; ландшафтного и биологического разнообразия; степени освоенности, нарушенности и использования территории и т. д.

**Время.** Регистрируемые показатели биосистем разных уровней организации подвержены естественным изменениям с различным временным масштабом (природные циклы, многолетние сукцессии, сезонные, циркадные, суточные ритмы и т. д.), на фоне которых проявляется влияние исследуемых факторов. Непосредственный результат, близкие и (или) отдаленные во времени эффекты воздействия будут зависеть не только от состояния экосистемы в момент воздействия, но и от естественного хода развития событий. Для получения более полной информации и точного прогноза требуется разработка системы текущих наблюдений за состоянием изучаемой системы (мониторинг).

#### **4. Методологические основы анализа результатов исследования.**

Рассмотрены основные блоки накопления, обработки и анализа результатов:

Всесторонняя проработка литературных сведений, создание базы данных, выбор методик унификации разнородных данных (по принципам: "Затраты - выгода", "Затраты - эффективность", "Экспертная оценка" и др.); экстраполяции результатов применительно к человеку и экосистемам (концепции: "Риск", "Оценка ущерба", "Альтернативные варианты" и др.); организация независимой экспертизы результатов исследования (выбор и защита независимых экспертов); организация периодического обсуждения и публикации достигнутых результатов

Для территории СП определены основные направления анализа результатов

1. Количественная оценка близких и (или) отдаленных во времени эффектов.
2. Количественная оценка пространственно - временных градиентов поступления и дрейфа загрязняющих агентов и соответствующего зонирования территорий и акваторий в зависимости от степени экологического риска.
3. Анализ экологических эффектов действия комбинированных физико - химических факторов.
4. Составление перечня наиболее уязвимых элементов и экосистем (тест - объекты, виды - индикаторы).
5. Нормирование (оценка допустимости или недопустимости) интегральной антропогенной нагрузки на территории СП.

#### **5. Методологические основы прогноза и выработки рекомендаций.**

Наиболее сложный и неразработанный аспект рассматриваемой проблемы.

Предложены основные подходы к прогнозу и принятию решений, которые базируются на организации обязательной независимой экологической экспертизы и выборе альтернативных вариантов на основе интегральной (в том числе эколого - экономической) оценки возможных последствий (принципы "разделяй и властвуй", "возможные последствия", "полезность", "вероятность риска", "стандарт минимальной безопасности" и др.)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА В ЗОНЕ СЛЕДА АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА RESEARCH RADIOACTIVE STATE ON THE MAGISTRAL GAZ TRANSPORT'S PARTY ON THE ZONE TRACE CATASTROPHIC OITBURST**

Меркулов В.Г., Глухов Г.Г., Резчиков В.Н., Левицкий В.М.

Научно-исследовательский институт ядерной физики, Россия, г. Томск.

В 1993-1995 гг нами были проведены исследования участка магистрального нефтепровода, расположенного в 50-60 м вдоль трассы Томск - Самусь, попавшего в зону радиоактивного заражения аварийного выброса РХЗ.

Обследования проводили как методом полевой дозиметрии так и путем отбора проб почв с последующим их радиометрическим анализом на содержание техногенных радионуклидов. Данные о мощности экспозиционной дозы в зависимости от даты измерения и расстояния от Томска приведены в таблице.

Таблица

Распределение мощности экспозиционной дозы вдоль трассы Томск-Самусь в зоне аварийного выброса СХК

Расстояние, км		27,0	28,0	28,2	28,5	28,6	28,8	29,0	29,1	29,2	29,5
МЭД	1993	18	90	360	240	148	220	60	140	85	40
мкр/	1994	13	50	58	60	50	50	42	30	30	22
час	1995	10	21	26	30	20	14	14	16	12	12

Как следует из представленных выше данных, распределение МЭД в 1993 г. по сечению следа отличается высокой неоднородностью, что в целом совпадает с данными полевой радиометрии, проведенной ранее сотрудниками Курчатовского института. Однако при более мелком шаге нами выявлено пять максимумов. Это обусловлено эффектом аэродинамической тени, вызываемой древесной растительностью и общей неоднородностью выпадений. В последующие годы произошло как общее снижение экспозиционной дозы, так и ее выравнивание по поверхности. В то же время уровень ее снижения выше расчетного, что связано с изменением геометрии гамма-поля за счет перемещения радионуклидов с растительности на почву и перераспределения по площади и глубине почвы под действием осадков.

Радиометрия проб почв и растительности позволила идентифицировать следующие изотопы: ниобий, цирконий-95, рутений-103, 106, сурьму-125, цезий-137, кобальт-60. Уровень общей поверхностной зараженности также отличается неоднородностью и местами достигал  $660000 \text{ Бк/м}^2$ , однако, уже на расстоянии 20-30 м мог снижаться на порядок. Основным дозообразующим радионуклидом по-прежнему остается изотоп рутений-106 (до  $200000 \text{ Бк/м}^2$ ), содержание цезия-137 достигает  $3000 \text{ Бк/м}^2$ .

В заключении считаем необходимым отметить следующий интересный факт. При измерении мазков, взятых с внутренних поверхностей станции катодной защиты, было выявлено, что уровень поверхностной активности кобальта-60 достигает  $2000 \text{ Бк/м}^2$  при содержании его в почве  $60-70 \text{ Бк/м}^2$ . Учитывая, что данный изотоп коррозионного происхождения, это может быть связано с его агрегатным состоянием, т.е. в виде металлических частиц, которые под действием электрического поля концентрируются на поверхностях.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЕАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## USE OF DUST AND ARIEL FALL FOR RADIOACTIVE MONITORING OF ENVIRONMENT

Меркулов В.Г., Глухов Г.Г., Резчиков В.И.

Научно-исследовательский институт ядерной физики, Россия, г. Томск

Газоаэрозольные выбросы ядерноэнергетических комплексов - основной источник заражения внешней среды радиоактивными веществами. Поэтому контроль за ними является основным при решении проблемы радиационной безопасности населения и охраны окружающей среды.

В связи с этим нами впервые обращено внимание на естественные накопители пылеаэрозольных радиоактивных выпадений, которыми могут служить чердачные помещения жилых и производственных зданий, в которых все накопленные отложения не подвержены воздействию атмосферных осадков и, вследствие этого, могут служить депонирующими объектами радиационного состояния воздушной среды за длительный период времени. При этом, проводя обследования зданий разного возраста, можно проследить динамику накопления радионуклидов и, на основе полученной информации, сделать выводы о временных интервалах наиболее интенсивных радиоактивных выбросов в атмосферу.

В связи с тем, что радионуклид цезий-137 имеет длительный период полураспада и легко определяем, общие закономерности распределения радиоактивных выпадений в зоне наиболее вероятного воздействия ядерноэнергетического комплекса г. Северска рассматривали по данным о его содержании.

Отбор проб для определения уровня загрязнения пылеаэрозольными радиоактивными выпадениями проводили путем снятия поверхностного слоя (10-15 мм) материала утеплителя как минимум в трех различных местах чердачного помещения обследуемого объекта (как показали предварительные исследования взятие проб методом "мазка" не позволяет сделать это количественно вследствие высокой шероховатости конструкционных материалов). Для исключения систематической ошибки связанной с наличием тех или иных количеств техногенных радионуклидов в материале утеплителя (особенно зданий поздней постройки), проводили отбор нижележащего слоя с той же площади.

Удельную активность цезия-137 ( $E = 661$  кэВ) определяли относительным методом с использованием образцовых гамма-источников с различной плотностью наполнителя.

Последствием деятельности ядерно-энергетических и радиохимических производств г. Северска явилось довольно значительное радиоактивное загрязнение биосферы, о чем свидетельствуют как наши более ранние исследования, так и

данные других исследований. Достоверно было показано, что содержание техногенных радионуклидов в почвах значительно возрастает к северо-востоку от комбината.

Особенности формирования радиоактивных пылеаэрозольных выпадений. Процесс накопления радиоактивных выпадений обследуемых помещений естественно связан с различной степенью воздушной проницаемости чердачного помещения (его вентилируемости). Следовательно необходимо учитывать эффект частичного экранирования радиоактивных выпадений крышами зданий, который приводит к занижению уровня поверхностной активности от близкого по времени конкретного выброса. Однако известно, что с течением времени (около одного года) имеет место тенденция к выравниванию плотности радиоактивных выпадений на открытой поверхности почвы и обследуемом объекте. Это прежде всего обусловлено поднятием (дифляцией) радиоактивных веществ с подстилающей поверхности. Для большинства изотопов это связано, с процессами сублимации и пылеобразования под действием температуры, ветровой эрозии и хозяйственной деятельностью человека. В целом же необходимо подчеркнуть, что при учете факта вымывания из почвы осевших радионуклидов под воздействием атмосферных осадков и перераспределении их по поверхности и глубине, на наших объектах все техногенные изотопы накапливаются и сохраняются практически в неизменных количествах.

Распределение уровней накопления цезия-137 по населенным пунктам. Обследованию были подвергнуты 24 населенных пункта пяти районов Томской области, наименования которых и полученные средние уровни зафиксированных выпадений цезия-137 (возраст более 30 лет) представлены в таблице 1. Как и следовало ожидать, на основании наших и других более ранних исследований почв и донных отложений на содержание радионуклидов, повышенным уровнем выпадений цезия-137 отличаются населенные пункты расположенные северо-восточнее г. Северска, в которых его значения активность в 2-20 раз превышает фоновую (д. Малобрагино, в которой зафиксированы наиболее низкие значения поверхностной активности цезия-137 на уровне 20 Бк/м ).

Таблица 1

Уровни радиоактивных выпадений цезия-137 в обследованных населенных пунктах (возраст более 30 лет), Бк/м

№	Населенный пункт	Цезий-137	№	Населенный пункт	Цезий-137
1	Рыбалово	73	13	Асино	47,4
2	Нелюбино	37	14	Новокусково	46,6
3	Губино	30	15	Новониколаевка	42,8
4	Самусь	34	16	Филимоновка	48,0
5	Надежда	59	17	Большой Кордрн	39,0
6	Наумовка	130	18	Первомайское	45,2
7	Георгиевка	162	19	Комсомольск	39,5
8	Черная речка	120	20	Михайловка	186
9	Штамово	39	21	Петропавловка	49,5
10	Томск	30	22	Кижирово	30,1
11	Зырянское	30,6	23	Моряковка	33,9
12	Чердаты	35,0	24	Малобрагино	19,3

Максимальным уровнем содержания контрольного изотопа характеризуется д. Михайловка, где плотность выпадений на одном из конкретных объектов превышает среднее значение и достигает 390 Бк/м. При этом аномально высоким значением содержания цезия-137 характеризуется с. Губино (73 Бк/м) находящееся в юго-западном направлении.

Динамика накопления Cs-137. В пунктах, с наибольшими уровнями радиоактивных выпадений, были проведены исследования позволяющие (учитывая длительный период полураспада изотопа Cs-137) выявить периоды наиболее интенсивного поступления радионуклидов в окружающую среду. С этой целью нами были обследованы сооружения с различными временами постройки, что позволяет, по уровню накопленной радиоактивности проследить динамику поступления цезия-137 и, следовательно, определить относительный вклад конкретного периода в общую определяемую радиоактивность. Учитывая это, были отобраны пробы со зданий охватывающий 40-45 летний период в тех населенных пунктах, где можно было установить действительный возраст зданий документально или со слов жителей.

Полученные экспериментальные данные позволяют выявить некоторые закономерности характеризующие динамику накопления радиоактивных выпадений во времени. Несмотря на некоторую ограниченность числа временных точек и обращает внимание наличие точек перегиба на полученных зависимостях удельные активности цезия-137 от времени его накопления в населенных пунктах именно с повышенным уровнем радиоактивных пылеаэрозольных выпадений, что свидетельствует о неравномерности поступления радионуклидов во времени. Отсюда следует, что период наиболее интенсивной инжекции радиоактивных изотопов в приземной слой атмосферы совпадает по времени с началом деятельности СХК. В тоже время в пунктах с относительно низким уровнем содержания цезия-137 (г. Томск, п. Штормово и др.) аналогичные зависимости монотонны. Очевидно, для данных населенных пунктов основным источником поступления радионуклидов являются глобальные выпадения.

В заключение отметим, что, помимо продуктов аварийного выброса 6.04.1993 г (рутений-103, 106; цирконий-95; сурьма-125 и др), в населенных пунктах находящихся в непосредственной близости к Северску (Надежда, Наумовка, Георгиевка, Михайловка) надежно идентифицирован изотоп кобальт-60 с плотностью выпадений до 40 Бк/м.

В результате проведенной работы было установлено, что пылеаэрозольные выпадения, накапливающиеся на поверхности утеплителя чердачных помещений являются объектом депонирующим радиоактивные изотопы и может быть рекомендован для радиационного мониторинга окружающей среды и выявления зон с пове-

шенной радиационной нагрузкой. Проведенные исследования позволили выявить зону наиболее интенсивного радиационного заражения и получить информацию о динамике поступления цезия-137 в приземный слой атмосферы в районе расположения ядерно-энергетического центра.

## ДОПОЛНЕНИЕ К РАЗДЕЛУ "МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МОНИТОРИНГ"

### ВОЗМОЖНЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ С ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ

POSSIBLE RADIOACTIVE CHARACTERISTICS UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION WITH GEOLOGICAL POSITION

Микуленко К.И., Тимиршин К.В., \*Чомчоев А.И.

Якутский институт геологических наук СО РАН, \*Палата Представителей Государственного Собрания (Ил Тумен), Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск

На территории Якутии произведено 12 подземных ядерных взрывов (ПЯВ), два из которых ("Кратон-3" и "Кристалл") признаны аварийными. Выполненные в последние годы наблюдения показали в пределах последних повышенную степень радиоактивного загрязнения (Бурцев и др., 1993 г. и др.), в том числе особо опасного радионуклида - изотопа плутония (Гедеонов, 1993 г.). Исследования в этих направлениях продолжаются, планируются реабилитационные работы. Однако проводимые и планируемые изучения радиоактивного загрязнения имеют существенный, на наш взгляд, недостаток: они не учитывают геологические условия проведения ПЯВ и миграции радионуклидов. Особенно это важным представляется для аварийных ПЯВ.

Анализ материалов показывает, что в процессе планирования и выполнения взрывов, при осуществлении последующих мероприятий, в том числе при изучении радиационных загрязнений недостаточно учитывались особенности геологического строения региона.

Специфика эта определяется двумя основными факторами. Во первых, объекты "Кристалл" и "Кратон-3" располагаются в одной из наименее сложных участков на востоке Сибирской платформы - в зоне пересечения региональных систем разломов северо-западного, (Мерчимденско-Ейкская группа) простираний. Во-вторых, районы проведения ПЯВ характеризуются тектонической активизацией в новейшее время и, судя по материалам повторных нивелировок на смежных участках, в современную эпоху.

Эти особенности в совокупности определили блоковое строение, повышенную плотность разрывов и трещиноватости, напряженное состояние пород, что, в свою очередь, определило линейную анизотропию физических свойств (плотность, проницаемость, емкость и др.) массивов, которые не могли не сказаться на характере проявления и результатах взрывов. Можно предполагать, что недоучет специфики геологического строения районов проведения ПЯВ, наряду с техническими причинами, был, во-первых, одним из факторов их аварийного характера, во-вторых, ударное воздействие взрывов могло привести к нарушению статистического состояния тектонических блоков, активизации разломов, деградации мерзлоты, одного из основных компонентов приповерхностного флюидоупора, а, главное, гидродинамического равновесия подземных флюидов. Последнее, как следует из наблюдений в районах современных землетрясений, может проявляться на расстояниях, измеряемых многими десятками и даже сотнями километров.

2. Геологические факторы не учитывались, да и сейчас пока еще не учитываются при оценке последствий радиационного заражения от ПЯВ. Модели радиационного загрязнения разрабатывались на положении о перемещении радионуклидов в поверхностных условиях (преимущественно воздух, вода). Возможности переноса радионуклидов подземными флюидами (нефть, газ, вода) не рассматривались. Соответственно неизученными оказались вопросы о возможной восходящей миграции глубинных вод на дневную поверхность и, наоборот, поверхностных - на глубины и связанные с этим процессами возможные формы радиационного загрязнения.

Накопившиеся к настоящему времени достаточно многочисленные данные свидетельствуют о том, что гидродинамические воздействия (в том числе связанные с миграционными эффектами) в сейсмогенных областях (Кавказ, Средняя Азия, Ближний Восток и др.) проявляются на расстояниях в десятки-первые сотни километров, а в районах проведения ПЯВ (Пермская, Астраханская области и др.) следы радиационных загрязнений вследствие подземной миграции, как установлено Голубовым, прослеживались на расстояниях до 5-10 км.

Основываясь на характере региональной структуры, простирания основных зон тектонических разрывов основные направления возможной подземной миграции флюидов предварительно можно предполагать в субмеридиональном и особенно в северо-восточном направлениях. Прогнозируемые в качестве потенциальных путей возможной миграции участки должны быть первоочередными для изучения с целью выяснения подземной миграции флюидов, загрязненных радионуклидами.

Главную опасность при подземной миграции играют подвижные флюиды: вода, нефть и газ. Скорость и дальность миграции определяются преимущественно литологическим составом и структурой вмещающих флюиды толщ. С этой точки зрения литологического состава необходимо выделять флюидоупоры, находящиеся в гранулярных (преимущественно терригенные породы) и негранулярных (карбонатные породы) коллекторах.

В терригенных породах движение флюидов может происходить в двух формах: в виде относительно сплошного фильтрационного потока и избирательно по зонам тектонических разрывов. При прочих равных условиях миграция по зонам тектонических нарушений значительно более эффективна и скорости ее заметно превышают темпы фильтрации в массиве гранулярных коллекторов. Разные условия миграции определяют различные формы заражения радионуклидами и, соответственно, возможной экологической опасности: относительно узкие участки вдоль разрывов в первых случаях и большие площади земель, охватывающие область развития проницаемых толщ, во вторых. Исходя из различия скоростей миграции предполагается, что опасности заражения на территориях вдоль разрывов будет наступать значительно раньше, чем это может быть на путях миграции флюидов в массивах проницаемых пород.

Факторы, определяющие миграцию флюидов в массивах гранулярных коллекторов, зависят преимущественно от их фильтрационно-емкостных свойств. Здесь в условиях гидродинамического напора и гравитационных сил подземные воды

в массивах пород движутся в сторону наиболее пониженных участков, которыми являются синклинали формы. Движение вод здесь замедляется либо на какой-то период прекращается. Это приводит к формированию естественного подземного хранилища (резервуара) заряженных вод. Таковыми они могут являться при условии надежной геологической запечатанности, отсутствии гидрогеологической связи с поверхностью. При наличии в пределах подземных резервуаров тектонических разрывов, зон повышенной трещиноватости пород "литологических окон" герметичность нарушается и они могут стать источником вторичного заражения радионуклидами.

Особую опасность в экологическом отношении представляют участки замедления и приостановки перемещения подземных флюидов. Во-первых, здесь происходит валовое накопление радионуклидов, т.е. образуются естественные "захоронения" их, являющиеся новыми очагами заражения, во-вторых, они могут здесь проявляться весьма длительное время, превратившись в дополнительный (вторичный) источник заражения.

В зонах разрывов подобные участки возникают преимущественно за счет тектонических экранов (барьеров). Наиболее часто такие условия возникают при встрече на путях миграции флюидов разрывов типа сжатия (надвиги, взбросо-надвиги). Подобные обстановки имеют место в пограничных областях востока Сибирской платформы со складчатыми областями. Здесь широко проявляются разрывы взбросо-надвигового типа, зона которых протягивается вдоль горного обрамления Западного Верхоянья.

Наряду с движением по проницаемым толщам-коллекторам активная миграция осуществляется по зонам разрывов и повышенной трещиноватости пород. Особенности этой формы миграции является локализованный на узком пространстве характер перемещения, большой вертикальный диапазон, ориентированность в пространстве, значительно большие скорости движения в относительно узком пространстве при широком вертикальном и стратиграфическом диапазонах.

Разрывные нарушения, сформированные в условиях сжатия (взбросы и надвиги), могут являться экранами для движущихся флюидов. Такие участки располагаются в Предверхоянском прогибе, где они перекрывают разломы субширотной ориентировки, возникших в условиях растяжения и являющихся проводящими для флюидоупоров.

В карбонатных породах миграция флюидов предполагается вдоль зон разрывов и трещин, а также пор и каверн выщелачивания. Наиболее характерной особенностью карбонатных пород является сложный характер коллекторов. В них, в отличие от терригенных коллекторов, практически отсутствует внутрипоровая миграция в виду малой пористости. В тоже время существуют участки выщелачивания и трещиноватости, в которых проницаемость возрастает во много раз и которые могут являться путями миграции флюидов, в том числе и зараженных радионуклидами. Но характер миграции их в карбонатах почти еще не изучен. Предварительные данные по изучению микротрещиноватости показывают, что последняя почти не влияет на емкостные свойства пород, но увеличивает в десятки, а нередко в сотни раз их проницаемость. Последнее особенно важно учитывать при прогнозе путей миграции радионуклидов.

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

AUTOMATIC STATION OF ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING

Тугаенко В.Ю., Герасимов И.А., Магдесьян А.Л., Полуэктов В.П., Серов А.В.

Ракетно-Космическая Корпорация "Энергия", 141070, Россия, г. Калининград, Ленина, 4а, тел. 513-65-81, факс:5136138, e-mail:NPOPOST@ESOC1.BITNET

Вопросы экологического контроля становятся все более актуальными. Наибольшую экологическую опасность для человека в настоящее время и особенно в России представляет радиационное загрязнение. Особенно это проявилось при аварии на Чернобыльской АЭС. Аварии на производственных комбинатах под Челябинском и Томском показали, что эта проблема остро стоит и в настоящее время и, по-видимому, будет актуальна и в будущем. Важно также одновременно с радиационным контролем проводить подробный контроль физико-химического состояния атмосферного воздуха, т.е. измерения должны носить комплексный характер. Современный экологический мониторинг должен обеспечиваться автоматическими по многим параметрам и с высокой точностью. Средства контроля должны быть достаточно компактными и рассчитанными на длительное время работы в различных климатических условиях внешней среды. Наконец, должна быть обеспечена высокая оперативность предоставления данных в кризисных ситуациях. Большими возможностями в этой части обладают системы спутниковой связи, с помощью которых информация может надежно передаваться в темпе происходящих событий в соответствующие экологические центры. В связи с этим, целесообразно для наземных экологических систем использовать опыт разработки космических приборов и автоматических космических аппаратов, соответствующую им технику и технологию.

На этой современной технической базе в Ракетно-Космической Корпорации "Энергия" разработана система автоматического контроля экологической и радиационной обстановки, экспериментальный экземпляр которой пройдет испытания, начиная со второй половины 1996 г.

### 1. Состав и характеристики измерительных систем

Автоматические радиационно-экологические станции (АРЭС), разработанные в РКК "Энергия", допускают установку разнообразного измерительного оборудования. В экспериментальном образце (ЭО АРЭС) предполагается установка измерительных систем, предназначенных для: + контроля радиационного фона окружающей среды; + определение радиоактивных веществ и их концентраций в воздухе; + определение загрязнений воздуха аэрозолями металлов; + определение концентраций вредных газов в атмосфере; + измерение концентрации пыли; + измерение метеопараметров. Для контроля радиационного фона окружающей среды предполагается постоянно проводить измерение ионизирующего гамма-излучения в диапазоне энергий частиц выше 50 КэВ. Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы 10-108 мкР/ч<sup>-1</sup>. Для определения радиоактивных веществ и их концентраций в воздухе в ЭО АРЭС установлена аппаратура измерения объемной активности радионуклидов газов в воздухе, спектрометрическая аппаратура  $\alpha$  и  $\beta$ -излучений от аэрозолей накапливаемых на сменном фильтре. Диапазон измерения объемной активности газов: + по излучающим нуклидам инертных газов -аргона-41, криптона-85, ксенона-133 и углерода-14 от 5 до 5\*10<sup>5</sup> Бк/л<sup>-1</sup>; + по тритию(Н-3) от 50 до 5\*10<sup>6</sup> Бк/л<sup>-1</sup>; + по  $\alpha$ -излучающим нуклидам газов от 0,05 до 5\*10<sup>3</sup> Бк/л<sup>-1</sup>.

Диапазон измерения объемной активности искусственных аэрозолей: + по радионуклиду 239Pu от 8,0\*10<sup>-2</sup> до 3,0\*10<sup>4</sup> Бк/м<sup>-3</sup>. Прорабатывается возможность снижения минимально регистрируемой концентрации до 8,0\*10<sup>-3</sup> Бк/м<sup>-3</sup>; + по радионуклиду 90Sr +90Y от 2,5\*10<sup>1</sup> до 1,0\*10<sup>5</sup> Бк/м<sup>-3</sup>; Прорабатывается возможность снижения минимально регистрируемой концентрации до 2,5 Бк\*м<sup>-3</sup>. Для определения концентрации  $\beta$ -излучающих аэрозолей используется гамма-спектрометр на сжатом ксеноне. Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения 0,05-7 МэВ. Энергетическое разрешение (при энергии



0,662 МэВ) -2,5%. Минимальный уровень регистрируемой концентрации по отдельным радионуклидам в настоящее время уточняется. Для определения концентрации содержащихся в атмосферном воздухе (в виде аэрозолей) химических элементов, в том числе тяжелых металлов, предполагается использование рентгеновского сканирующего кристалл-дифракционного спектрометра совместно с системой подготовки воздушной пробы (производительность 100 л/мин<sup>-1</sup>). Для определения концентрации окислов углерода, азота, сероводорода и пр. используются фотокалориметрические системы и электрохимические датчики.

Минимальный уровень регистрируемой концентрации газов, как правило, соответствует 0,5 ПДК атмосферного воздуха санитарной зоны. На фоне измерительной программы АРЭС проводятся регулярные измерения концентрации пыли (минимально измеряемая концентрация 0,05 мг/м<sup>3</sup>) и метеопараметров (температура, давление, скорость и направление ветра).

## 2. Служебные системы

Служебный комплекс будет обеспечивать выполнение следующих функций: + питание электрической энергией измерительной аппаратуры как при наличии внешних первичных источников питания, так и при отсутствии их в течение 24 часов; + реализацию циклограмм работы измерительной аппаратуры с возможностью их корректировки по каналам связи; + сбор и первичную обработку информации; + передачу и прием информации по наземным или космическим каналам связи; + температурный и влажностный режим в объеме АРЭС; + предотвращение пожара и несанкционированного вмешательства в работу АРЭС. В соответствии с перечисленными функциями в состав служебного комплекса входят следующие системы: - система энергопитания; - система управления и сбора информации; - система передачи и приема информации; - система обеспечения теплового режима; - система безопасности.

## 3. Конструкция АРЭС

При создании конструкции АРЭС учитывались следующие требования: + возможность установки в АРЭС комплектов аппаратуры различного назначения без доработки основных конструктивных элементов; + пылевлагопроницаемость объема АРЭС и, следовательно, работоспособность конструкции при воздействии внутреннего и внешнего избыточного давления в пределах изменения атмосферного давления; + габариты и масса АРЭС должны обеспечивать ее транспортируемость автомобильным и вертолетным транспортом; + применяемые материалы должны быть коррозионно стойкими при длительном воздействии атмосферных условий, включая условия морских бассейнов; + технология и материалы должны обеспечивать приемлемую стоимость изготовления АРЭС. На рис. 1 представлен общий вид возможного варианта конструкции АРЭС с установкой ее на платформе на суше. Конструкция состоит из цилиндрического корпуса с днищем и полусферической крышки, соединяемой с корпусом болтами. Объем, образуемый корпусом и крышкой, пылевлагопроницаем, а форма корпуса и крышки устойчивы к воздействию внутреннего и внешнего избыточного давления. Ожидаемая масса АРЭС 1100-1300 кг в зависимости от комплектации измерительной аппаратурой. Конструкция АРЭС позволяет установку ее в автомобиль или вертолет для осуществления мобильного контроля. Таким образом, предлагаемая конструкция АРЭС позволяет обеспечить ее широкое использование в различных схемах экологического контроля.

## 4. Заключение

В настоящей работе представлено описание автоматической радиационно-экологической станции (АРЭС), как основного исходного звена всей системы радиационно-экологического контроля. Возможность использования в АРЭС спутниковой связи (наряду с наземными телефонными каналами) дает существенные преимущества по оперативности и надежности передачи информации, особенно для удаленных районов страны.



Рис.1. Установка АРЭС на платформе

## АНОМАЛИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ THE ATMOSPHERIC ELECTRIC FIELD ANOMALIES AT RADIOACTIVE POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Бегун Э. Я., Дмитриев Е. С., Иванов А. Б., Марков Г. П.  
Государственный институт прикладной экологии, Россия, г. Москва

В настоящее время оценка последствий радиационных аварий и катастроф осуществляется лишь с учетом факторов радиоактивного воздействия на человека и биологические объекты. При этом многие реально наблюдаемые медико-биологические эффекты в зонах радиоактивного загрязнения не находят строгого объяснения в рамках господствующих радиозоологических концепций. В последние годы, особенно после аварии на Чернобыльской АЭС, в медицинской статистике все чаще появляются данные, свидетельствующие о неадекватности структуры заболеваний людей реальной радиозоологической ситуации на загрязненных территориях. Так, например, изучение здоровья населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, выявило увеличение числа невротических и психосоматических заболеваний, которые не характерны для чисто радиационного поражения [1,2]. Очевидно, такое несоответствие обусловлено воздействием иных, нерадиационных факторов, которые, тем не менее, связаны с радиоактивным загрязнением окружающей среды. Одним из таких факторов могут быть аномалии естественного электромагнитного поля Земли.

В настоящее время установлено, что естественный электромагнитный фон биосферы является необходимым условием нормальной жизнедеятельности организма. Биологическое действие слабых электромагнитных полей сегодня общеизвестно: с одной стороны в современной медицине для лечения различных заболеваний успешно применяются методы и средства электро- и магнитотерапии, с другой стороны аномальные естественные и искусственные электрические и магнитные поля могут оказывать неблагоприятное и даже губительное воздействие на человека и биоту.

В связи с растущим электромагнитным загрязнением окружающей среды проблема влияния электромагнитных полей на человека становится в ранг чрезвычайно важных экологических проблем. "Белым пятном" в этой проблеме стоит вопрос о влиянии на человека и биоту электрических и электромагнитных полей, вызванных радиоактивным загрязнением окружающей среды. Радиоактивное загрязнение почвы и атмосферы значительно изменяет параметры атмосферного электрического поля (АЭП), искажая при этом естественный электромагнитный фон. Аномалии АЭП, возникающие в зонах радиоактивного загрязнения, могут быть тем дополнительным нерадиационным фактором, вызывающим наблюдаемое несоответствие между заболеваемостью людей и реальной радиоэкологической ситуацией.

При исследовании влияния на человека аномальных изменений АЭП обнаруживаются разнообразные нарушения психофизиологических функций человека. При этом наиболее чувствительными к действию электрических полей оказываются кровеносная и нервная системы. Установлено, что неперiodические изменения АЭП от 150 до 2000 В/м или до отрицательных значений вызывают у людей заметное ухудшение функции сердечно-сосудистой системы, повышение артериального давления [3,4].

Радиоактивное загрязнение окружающей среды и связанные с ним аномалии АЭП будут воздействовать на организм человека одновременно. Причем, даже если биологические эффекты от каждого из этих воздействий в отдельности будут небольшими (или неощутимыми), то эффекты от их суммарного воздействия могут быть весьма значительными. Есть основания полагать, что результат комбинированного действия малых доз радиации и аномальных электрических полей может превосходить сумму эффектов от каждого фактора в отдельности, т.е. может иметь место так называемый "синергизм". Так, например, у детей, проживающих вблизи радиоактивных зон, резко повышена частота заболеваемости лейкозами, хотя и сами дети, и их родители не получали опасных доз радиации [5]. Среди людей, работающих на АЭС или проживающих в прилегающих к ним зонах, даже при строгом соблюдении всех мер радиационной безопасности наблюдаются такие явления как раннее старение, ослабление зрения, угнетение реактивности иммунной системы, чрезмерная психологическая возбудимость, изменения в составе крови и др. [6]. Эти проявления могут быть связаны с дополнительным воздействием аномалий АЭП, возникающих в результате радиоактивного загрязнения окружающей среды, которое само по себе не вызывает наблюдаемых эффектов.

Детальных исследований параметров атмосферного электричества в зонах радиоактивного загрязнения до сих пор не проводилось, хотя, учитывая важность поставленной проблемы, такие исследования сегодня крайне необходимы. Первые шаги в этом направлении были предприняты ГИЭО в 1994 году. Натурные наблюдения АЭП проводились в двух радиоактивных зонах: на "цезиевом пятне" в Павском р-не Тульской обл и в санитарно-защитной зоне Калининской АЭС.

Исследования, проведенные в Тульской области на участках с различным уровнем радиоактивного загрязнения почвенного покрова показали, что напряженность АЭП на загрязненных участках уменьшается в несколько раз по сравнению с нормальным значением (на участках с фоновым уровнем радиации при прочих равных условиях). Полученная зависимость напряженности АЭП от уровня радиоактивного загрязнения почвы свидетельствует о значительном уменьшении АЭП уже при небольших уровнях загрязнения почвенного покрова. Если учесть, что даже при отсутствии радиации длительное экранирование живых организмов от электрического поля оказывает заметное влияние на регуляторные системы организма, то становится очевидной важность исследований сочетанного действия обоих факторов: радиации и связанного с ней АЭП.

При наблюдениях АЭП с подветренной стороны от АЭС (на расстояниях до 1000 м от венттрубы) обнаружено, что при прохождении радиоактивной газовой-аэрозольной струи над точкой измерения, напряженность АЭП резко уменьшается, достигая минимума с обратным знаком в момент нахождения струи в вертикальной плоскости над датчиком поля. Важно отметить, что отрицательный минимум АЭП в пространстве и во времени привязан к вертикальной проекции струи на поверхность Земли. Поэтому изменения направления ветра создают крайне нестабильную электрическую ситуацию в атмосфере, когда при ясной погоде (или при сплошной равномерной облачности) происходят резкие пространственно-временные колебания напряженности АЭП со сменой знака поля. При этом уровень радиационного фона у поверхности Земли остается стабильным и не превышает 10-15 мкР/час.

Судя по результатам [3,4], обнаруженные в зоне АЭС аномалии АЭП, находятся в области максимальной чувствительности сердечно-сосудистой системы человека к воздействию АЭП. Не исключено также влияние таких аномалий на регуляторные системы организма.

В условиях широкомасштабного развития атомной энергетики и катастрофического накопления радиоактивных отходов проблема влияния на человека естественных электромагнитных полей радиоактивных зон приобретает все большее значение. Поэтому традиционные проблемы экологии, связанные с загрязнением окружающей среды химическими и радиоактивными веществами, следует дополнить не менее важными вопросами о влиянии на человека и биоту аномальных электрических и магнитных полей, возникающих в зонах радиоактивного загрязнения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиационные аварии и их медико-психологические последствия для пострадавшего населения. - Тр. ГИЦ им. В.П.Сербского.-М., 1993.-19 с.
2. Невротические расстройства у жителей территорий, пострадавших от аварии на ЧАЭС. - Тр. ГИЦ им. В.П.Сербского.-М., 1993.-23 с.
3. Пяткин В.П. Биологические эффекты вариаций электрических и электромагнитных полей.- В кн.: Атмосферное электричество, Тр. II Всесоюзного симпозиума. -Л.: Гидрометеоздат, 1984.-С.81-83.
4. Овчарова В.Ф. Использование основных параметров атмосферного электричества в медико-метеорологическом прогнозировании.- В кн.: Метеопатология и метеопрофилактика. -Рига, 1981.-С.89-91.
5. В мире науки.- М.: Наука, 1990, N.7.-С.34-35.
6. Холл Э.Дж. Радиация и жизнь.- М.: Медицина, 1989.-256 с.

В последние десятилетия во многих теоретических и экспериментальных работах в различных областях естествознания были отмечены предсказанные или наблюдаемые эффекты, значительная часть которых рассматривалась либо феноменологически, либо не находила объяснения на уровне процессов [1]. По-видимому, к такого рода эффектам относится и явление возникновения низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП) при различных ядерных превращениях, в частности, при радиоактивном распаде [2, 3].

Известно, что многие физико-химические процессы, идущие с перестройкой структуры и состава такие как, фазовые переходы, радикальные химические реакции, процессы кристаллизации, растворения, осаждения, коагуляции и др., сопровождаются возникновением низкочастотного ЭМП с характерным для определенного процесса спектром частот [4]. При ядерном взрыве, представляющим собой сложный процесс ядерных превращений, генерируется мощное ЭМП радиочастотного диапазона [5]. В 1990 году нами было высказано предположение, что радиоактивный распад, при котором происходит существенная перестройка электронной и ядерной структур, также является источником низкочастотного ЭМП [2].

С точки зрения электродинамики, радиоактивный распад представляет собой процесс разделения и перемещения зарядов, поэтому наглядное представление об ЭМП при радиоактивном распаде дает модель изменяющегося во времени дипольного момента системы зарядов (молекулы). Как показали расчеты для случая электрического дипольного момента, релаксирующего после момента отдачи по экспоненте, выделяемая в ближней зоне мощность ЭМП радиоактивного источника с активностью менее  $10^{10}$  Бк, может значительно превышать порог чувствительности современной радиоизмерительной аппаратуры. Другой возможный механизм генерации низкочастотного ЭМП при радиоактивном распаде может быть связан с магнитными (спиновыми) свойствами ядер.

Первое экспериментальное подтверждение предсказанного явления возникновения низкочастотного ЭМП при радиоактивном распаде было получено в 1992 году [3]. Был обнаружен низкочастотный электромагнитный сигнал от радиоактивного (месбауэровского) источника с  $^{57}\text{Co}$  с остаточной активностью порядка  $3 \cdot 10^8$  Бк. Амплитуда сигнала как по электрической, так и по магнитной компоненте в 2-3 раза превышала уровень собственных шумов измерительной системы, а максимум спектра его лежал в области 30–35 Гц.

Полученные результаты, на наш взгляд, могут иметь весьма важное значение, особенно для экологии, поскольку в свете обнаруженного эффекта любой радиоактивный источник является генератором ЭМП в биологически значимом диапазоне частот. Поэтому экологические и медико-биологические исследования в зонах радиоактивного загрязнения следует проводить с учетом низкочастотных ЭМП, сопутствующих радиоактивному распаду. При этом, по-видимому, необходимо различать естественные и искусственные радионуклиды, низкочастотные ЭМП которых будут оказывать различное биологическое действие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сознание и физический мир. Сб. статей. Вып. 1. - М.: 1995, 146 с.
2. Станко В.И., Марков Г.П. О возможности генерации низкочастотного электромагнитного излучения при радиоактивном распаде // ДАН СССР, 1990, т. 311, № 6. -С.1340-1343.
3. Марков Г.П., Станко В.И. Радиоактивный распад как источник низкочастотного электромагнитного поля // Биофизика, 1992, т. 37, вып. 5. С.999-1001.
4. Дружинин Н.Г., Марков Г.П., Станко В.И. Эффекты взаимного преобразования акустических и электромагнитных колебаний в различных средах. Деп. Информприбор, 1988, N 4262-IP88. -С.169.
5. Тейлор Т.Б. В мире науки, 1987, N 6, с. 4-15.

#### РАДИАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД, ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ

#### RADIATIVE PROPERTIES OF ROCKS IRRADIATED BY ELECTRONS

Сальников В. Н.

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, тел.(8-3822) 76-01-46

Установлено, что гамма - облучение кварца убыстряет фазовые превращения, происходящие во включениях, и способствует увеличению количества вакуолей с начавшимся разделением фаз по сравнению с необлученным образцом [1]. Получены результаты по влиянию радиационных излучений на структуру, химический состав, процессы окисления, дегидроксиляции и фазовых превращений минералов-ассоциаторов природных радиоактивных полей - биотита, хлорита [2]. Комплекс спектроскопических исследований радиационного окисления  $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$  позволил авторам сделать заключение о коренном отличии спектроскопических свойств термически и радиационно обработанных образцов, что создает предпосылки для использования спектроскопических особенностей радиационно обработанных минералов для индикации по ним естественной радиационной среды. На примере биотита показана принципиальная возможность возрастного датирования урановой минерализации по характерным изменениям в месбауэровских спектрах железосодержащих минералов, подверженных воздействию радиационных излучений. Проведено моделирование воздействия источников тепловой и радиационной энергии на формирование структуры, химического состава и физико-химических свойств амфиболов с целью использования результатов для установления условий генезиса и закономерностей размещения полезных ископаемых. Установлено, что радиационная обработка ведет к изменению оптических и магнитных свойств роговой обманки. Термическое окисление роговой обманки на воздухе представляется как процесс параллельной дегидроксиляции и происходит при сравнительно низких температурах 600-700 С. Проявление эффектов термического окисления и дегидроксиляции в вакууме значительно падает. Радиационная обработка роговой обманки сопровождается появлением в ЯГР-спектрах дополнительного квадрупольного дублета радиационно-окисленных ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , что свидетельствует о существовании сильных структурных искажений координационных полиэдров ионов железа, являющихся результатом радиационных нарушений структуры. Комплексные исследования по радиационному и термическому воздействию на слюды и амфиболы представлены в монографии [3]. В монографии И.Л.Комова [4] изложены основные результаты воздействия облучения на свойства минералов, но радиационные воздействия на горные породы, содержащие эти минералы, в отечественной научной литературе не описаны, что затрудняет интерпрета-

цию электрических и электромагнитных эффектов, возникающих в облученных образцах горных пород разного состава при их нагревании.

Ранее нами было установлено, что предварительное электронное облучение образцов горных пород приводит их в возбужденное состояние и облегчает расщепровку определенных физико-химических процессов методом электропроводности и интенсивности электромагнитных импульсов при их нагревании [5]. Аккумуляция заряда минералами при электронном облучении образцов горных пород, изменение их состава и увеличение дефектности, влияние накопленного заряда и нарушений на электромагнитные явления, поиски подобных эффектов на природных объектах представляют научный и практический интерес. Испытание ядерного оружия, захороненные радиоактивные вещества вносят техногенный источник воздействия на горные породы. Известно, что при наземном взрыве плавится 180-200 т грунта на килолону мощности (т/кт), то есть 30-40% от количества расплавленного грунта при подземном взрыве. При подземном взрыве испаряется 56-70 т/кт породы [6]. При наземных взрывах на грунтах, основу которых составляют силикатные породы, частицы состоят из стеклообразного вещества размером от субмикронного до 2-3 мм. Общее количество вещества в облаке (при полной мощности 5000 Мт) составляет  $9,6 \cdot 10^8$  т. Третий фактор воздействия радиации на горные породы - аварии на атомных электростанциях или аккумуляция горными породами запасенной энергии, когда они служат наполнителями бетона или выстилают стены подземных хранилищ. Поэтому проблема дезактивации окружающей среды стоит особо остро. Нами было показано, что минералы, хранящие "память" о радиационном воздействии, могут ее проявлять в виде электрической или электромагнитной эмиссии. В данном сообщении приведены экспериментальные результаты исследований импульсного электромагнитного излучения в радиодиапазоне частот и аномальных изменений температурной зависимости электропроводности образцов горных пород различного состава, предварительно облученных электронами.

В момент подачи напряжения на образец проводимость колеблется для образцов пегматитов от  $6,2 \cdot 10^{-9}$  до  $3,2 \cdot 10^{-12}$  Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup>. После облучения электронами электропроводность снижается до  $6,4 \cdot 10^{-15}$  Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup> и повышается на несколько порядков после вторичного облучения и повторного нагревания. Снижение электропроводности как в атмосфере, так и в вакууме при 20°C, после облучения образцов электронами характерно и для пород более основного состава. Установлена зависимость увеличения электропроводности от процентного содержания влаги и газов, выделяемых при прокаливании. Чем выше процент потерь при прокаливании, тем выше электропроводность горных пород. Во время облучения потоками заряженных частиц некоторые из них закрепляются в ловушках. Электроны образуют объемный заряд тем большей концентрации и величины, чем выше сопротивление среды растеканию заряда. Электрические, электромагнитные и акустические эффекты при релаксации электричного состояния несут генетическую информацию о технологии изготовления материала и об условиях минералообразования и последующих изменениях. Релаксацию объемного заряда в твердом теле со временем или при тепловом стимулировании можно рассматривать как фазовый переход первого рода, вследствие которого изменяется энтропия, свободная и внутренняя энергия. При облучении электронами образцов горных пород различного состава в одинаковых условиях монцититы и диориты, не имеющие естественной термолюминесценции, испускают свет при нагревании в интервалах 20-380°C. Для пегматитов золоторудных месторождений Коммунар, Балахчино, Полупная Ивановка зарегистрирован пик термолюминесценции (100 - 170 - 340°C), который после облучения увеличился по интенсивности примерно на полтора порядка (от 10,3 до 188,7 отн.ед). Величина естественной термолюминесценции зависит от содержания кремнезема и калия, то есть от кислотности и щелочности горных пород. После предварительного облучения электронами запасенная светосумма имеет тенденцию к увеличению в образцах кислого состава и с меньшей проводимостью. Характерно, что для необлученных и облученных электронами образцов интервалы ТЛ совпадают с максимумами на кривой проводимости или приурочены к точкам изменения энергии активации зарядов.

Исследования показали, что методами электропроводности, электромагнитного излучения и е-ТЛ можно делать диагностику эволюции горных пород интрузивных массивов в результате их облучения в естественных и техногенных условиях и относить некоторые аномальные отклонения на логарифмической зависимости за счет радиационной "памяти".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Труфанов В.Н., Майский Ю.Г., Дронов В.С. Влияние гамма-излучения на агрегатное состояние и фазовые превращения флюоритовых включений в кварце //Тез. докл. IV Регион. совещ. по термобарогеохимии процессов минералообразования. -Ростов-на-Дону, 1973. -С.279-280.
2. Иваницкий В.П., Калинин А.М., Матяш И.В. Изучение механизма окисления и дегидроксиляции некоторых слюд. - Киев: ГКИ КГЭ Киев-геология, 1975. -65 с.
3. Радиоспектроскопия слюд и амфиболов /И.В.Матяш, А.М.Калининченко, А.С.Литовченко и др. -Киев: Наукова думка, 1980. -180 с.
4. Комов И.Л. Радиационная минералогия. -М.: Энергоиздат, 1982. -174 с.
5. Сальников В.Н. Изменение электропроводности и регистрация электромагнитных импульсов в предварительно облученных электронами образцах горных пород при нагревании //Физика Земли. -1979. -N2. -С.79-92.
6. Израэль Ю.А. Крупномасштабные геофизические и экологические последствия возможной ядерной войны. -М.: Наука, 1987. -С.46-65.

### ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАЙОНАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ МЕТОДАМИ РАДИАЦИОННОЙ МИНЕРАЛОГИИ

ESTIMATION OF RADIATIVE SITUATION IN NATIVE AND TECHNOGENIC REGIONS OF ECOLOGICAL NON-STABILITY BY RADIATIVE MINERALOGY METHODS

Коровкин М.В., Герих Л.Ю., \* Лебедева Н.А., \*\* Барский А.М.

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, \* Томский государственный университет, Россия, г. Екатеринбург,

\*\* Национальный исследовательский центр, г. Хайфа, Израиль

Особая роль воздействия радиации на природную среду и человека общеизвестна. Развитие научных представлений о природе радиоактивности позволило создать разнообразные технические устройства, использующие энергию ионизирующего излучения, для различных полезных применений. Учитывая последствия вредного действия радиации на биологические объекты [1], наряду с созданием средств защиты от излучений, серьезное внимание уделяется проблеме оценки радиационной обстановки, особенно в аварийных ситуациях. При эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения оценка уровней и доз радиации может быть успешно осуществлена на небольшой площади с помощью специальных приборов или датчиков - дозиметров. Более сложной проблемой является оценка радиационной обстановки в природных услови-

ях, особенно при наличии риска возникновения природных или техногенных аварий или катастроф, приводящих к экологической нестабильности отдельных районов окружающей среды.

Общий радиационный фон природной среды обуславливается воздействием радиоактивных элементов, распределенных в минералах и горных породах земного ландшафта, и внешними, космическими факторами. Резкое увеличение радиационного уровня может быть вызвано природными или техническими причинами, связанными с распылением метеоритного или реакторного вещества, или выпадением радиоактивных осадков при ядерных взрывах. В этом случае радиационный мониторинг природной среды на больших площадях известными способами весьма затруднителен, а иногда практически невозможен из-за неопределенности размеров района, подлежащего радиационному контролю, неравномерности выпадения радиоактивных осадков, особенностей качественного и количественного радиационного воздействия во времени и прочих факторов [2].

В некоторых случаях оценка радиационного воздействия давнего события имеет принципиальное значение, как например, в зоне экологической нестабильности природной среды, вызванной Тунгусской катастрофой 1908 года, поскольку остаточную радиоактивность обнаружить не удалось, а многочисленные генетические, биологические и геохимические аномалии могут быть связаны скорее с резким нарушением природного баланса экосистемы, чем с ядерной природой Тунгусского взрыва [3]. Для оценки радиационной обстановки в аналогичных случаях обычно используются косвенные палеодозиметрические признаки такие, как усиление термоллюминесцентных свойств некоторых диэлектрических кристаллов. Однако применение разных минералов в качестве природных термоллюминесцентных дозиметров (ТЛД) сдерживается различиями их радиационной чувствительности и способности к накоплению и сохранению светосуммы. А случайный нагрев ТЛД приводит к "стиранию" ТЛ-информации и невозможности ее повторного считывания.

Основываясь на эффекте радиационной "памяти" [4], нами разработана методика восстановления дозиметрических свойств природных и синтетических ТЛД. Воздействие ионизирующей радиации на кристаллические диэлектрики приводит к нарушению их структуры, появлению междуузельных ионов и вакансий, на которых локализуются генерируемые излучением свободные электроны и "дырки", и образованию таким образом электронных и дырочных центров окраски и их скопления.

Разрушение центров окраски при нагревании сопровождается обесцвечиванием кристалла, термоллюминесценцией, и др. Однако после полного термообесцвечивания кристалла радиационные дефекты отжигаются не полностью, так как освобождаемые нагреванием электроны и "дырки", люминесцирующие на центрах рекомбинации, оставляют заряженные, локально нескомпенсированные дефекты, входившие в состав центров окраски. Кристалл как бы хранит "память" о радиационном воздействии, которую можно выявить повторным облучением.

Радиационная память кристаллов кварца чрезвычайно устойчива. Используя в качестве природного ТЛД мономинеральную фракцию сингенетического кварца, отобранного из различных участков района Тунгусского взрыва, изучены рентгенолюминесценция (РЛ) и термоллюминесценция (ТЛ) образцов кварца, подвергнутых предварительной обработке радиационным облучением и/или термическим прокаливанием с моделированием этих эффектов на образцах синтетического и природного кварца различного генезиса. Учитывая влияние на люминесцентные характеристики кварца вида, дозы и мощности облучения были выбраны оптимальные условия проведения экспериментов.

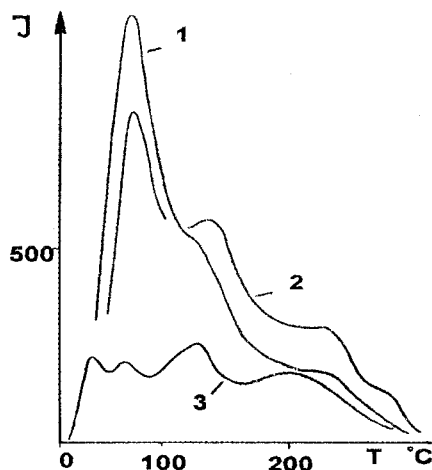


Рис.1. Восстановленная гамма - облучением ТЛ образцов кварца, отобранного из одного места ("Камень Джона") по глубине:

- 1 - образец N 1, (0 - 3 см);
- 2 - образец N 2, (3 - 6 см);
- 3 - образец N 3, (12-15 см).

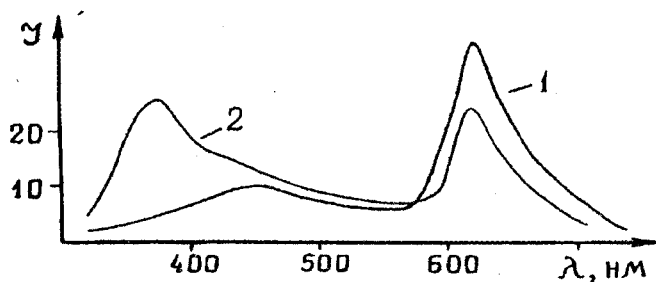


Рис.2 Спектры РЛ образца N2 (3 - 6 см):  
1 - исходный образец, 2 - после прокаливания до 400 С.

В том случае, если Тунгусский взрыв сопровождался адиационными потоками нейтронов и гамма-квантов или выпадением радиоактивных осадков в виде остатков метеоритного (или кометного, или иного) тела, то следует ожидать специфические проявления радиационных эффектов в минералах и горных породах, ослабляющиеся с увеличением глубины залегания последних. Восстановленная гамма-облучением ТЛ образцов кварца, отобранных из приповерхностного слоя, отличается высокой интенсивностью свечения, свидетельствующей о наличии предшествующего радиационного воздействия.

Наблюдается закономерное ослабление ТЛ с глубиной отбора проб (рис.1). Предположение о влиянии теплового отжига приповерхностных образцов на усиление ТЛ - свечения в температурном интервале до 100 С не подтверждается результатами измерения РЛ (рис.2), поскольку в спектрах свечения образцов, подвергавшихся термическому прокаливанию, должна появиться дополнительная полоса свечения в ультрафиолетовой области 300-400 нм. Различие ТЛ и РЛ свойств облученных и прокаленных образцов обусловлено особенностями протекания радиационных и термодиффузионных реакций в кварце.

На основании проведенных экспериментов можно сделать предположение о том, что Тунгусский взрыв сопровождался радиационным воздействием. На примере Тунгусской катастрофы рассмотрена модельная ситуация оценки радиационной обстановки с помощью методов радиационной минералогии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабой В.А., Орел В.Э., Карнаух И.М. Перекисное окисление и радиация. -Киев: Наукова думка, 1991. - 256 с.
2. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Геофизические аспекты переноса загрязняющих веществ на территорию Кыргызстана // Тез. докл. Международной конф. "Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды ПООС-95" 12-16 сентября 1995 г., г.Томск, 1995.-Т.1-С.50.
3. Васильев Н.В., Андреев Г.В. Тунгусская катастрофа и экологические последствия// Междунар. конф "Экологические последствия столкновения Земли с малыми телами Солнечной системы". Москва-Томск, 18-26 июля 1995 г
4. Коровкин М.В., Сальников В.Н. Эффект радиационной "памяти" в природных и искусственно выращенных кристаллах/ Геология. Т.2. / Ред. кол.: А.Н. Тихонов, В.А. Садовничий и др.- М.:Изд-во МГУ, 1995.-С.200-204.

**КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**  
**THE COMPLEX OF GEOPHYSICAL METHODS FOR ECOLOGICAL RESEARCH**

Миков О.А.

Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск,  
ул. Киевская, 96-80, тел. (3822) 414162, 418910, 440607

Районы техногенеза характеризуются наличием различного рода полей, как естественных, так и техногенных, а также химическим загрязнением территорий.

Экспрессную информацию о состоянии загрязнения окружающей среды можно получить, используя легкие, дешевые, экспрессные методы мониторинга окружающей среды. Таким требованиям отвечают большинство геофизических методов, и в частности: радиометрия, гамма - спектрометрия и капаметрия. Данный комплекс методов использовался при проведении экологических исследований в г.г. Томск, Северск, Стрежевой, Междуреченск, Рубцовск, и различных районах г. Томска. Кроме того, производился отбор проб почво-грунтов и твердого остатка снегового покрова для последующих анализов.

Измерение общего радиационного фона методом гамма-радиометрии производится для определения суммарной дозы гамма-излучения радиоактивных элементов. Метод гамма-спектрометрии позволяет определить компоненты общего фона (U, Th, K<sup>40</sup>, Cs<sup>139</sup> и Sr<sup>90</sup>). Измерение магнитной восприимчивости (капаметрия) применяется для качественной оценки содержания тяжелых металлов (Миков О.А., Язиков Е.Г.,1994, Ерофеев Л.Я., Миков О.А.,1995, Миков О.А., Язиков Е.Г.,1995, и т.д.). Автором, на основании теоретических предположений, предпринята попытка оценить содержание радиоактивных элементов через величину магнитной восприимчивости.

Теоретические выкладки позволяют говорить о наличии связи между радиоактивностью и электрическим и магнитным полем. Поток гамма-квантов, неизбежно порождает наведенную проводимость воздуха, т.е. распределение положительных и отрицательных зарядов в пространстве. За счет этого возникает электрическое поле. Следуя уравнениям Максвелла (1,2), электростатической теории Лоренца и открытого Зеemannом явления расщепления атомов в магнитном поле, можно с уверенностью говорить о неизбежном возбуждении магнитного поля.

$$\text{rot } H = (1/c) \cdot (D/t) + (4\pi/c) \cdot j; \quad \text{div } B = 0 \quad (1),$$

$$\text{rot } E = (1/c) \cdot (B/t); \quad \text{div } D = 4\pi\rho \quad (2),$$

где E, H - напряженности электрического и магнитного полей, D, B - электрическая и магнитная индукция, j - вектор плотности тока, ρ - плотность зарядов, M - вектор намагничивания.

В свою очередь, магнитная восприимчивость - каппа (χ) зависит от H следующим образом:

$$\chi = J / H,$$

где J - намагниченность вещества, вызванная полем H.

Вышеизложенные раскладки характерны, прежде всего, для кремнистых соединений.

Сотрудниками кафедры ПИИ/РЭ ТПУ на территории Северо-Восточной площади г. Томска были проведены исследования вышеописанными методами. Исследования производились в соответствии с действующими методиками измерения и отбора проб (ГОСТ 17.4.3.01-83.Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб). Содержание радиоактивных элементов на данной территории значительно ниже ПДК. Значения магнитной восприимчивости немногим превышают фоновое значение для чистых лесных почв г. Томска (χ<sub>ф</sub>=32\*10<sup>-5</sup>ед.СИ, табл.1). Для загрязненных территорий, в частности, г.Междуреченска χ<sub>ср</sub>=231\*10<sup>-5</sup> ед. СИ. (n=198).

Составлены диаграммы зависимости каппа от радиоактивных элементов и общей гамма-активности (рис.1, 2, 3, 4), рассчитаны коэффициенты корреляции, а так же уравнения регрессии этих характеристик.

Уравнения регрессии для Северо-Восточной площади г. Томска имеют вид:

$$c = 29,0437 \cdot J + 305,9716 \quad c = 0,6478 \cdot U_{ср} + 9,0627$$

$$c = -0,0270 \cdot Th_{ср} + 2,2758 \quad c = 3,6753 \cdot K_{ср} + 5,1691$$

Коэффициент корреляции для исследованных характеристик составляет:

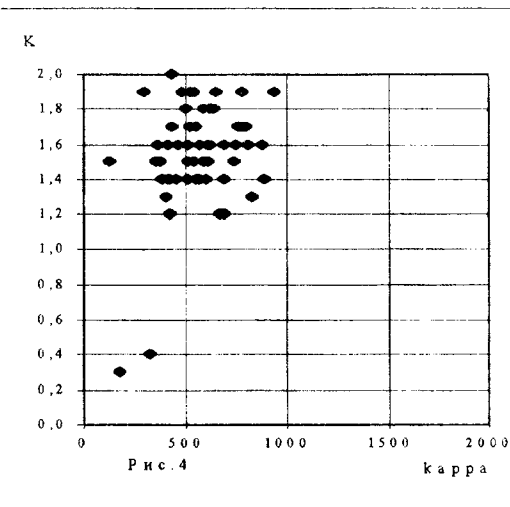
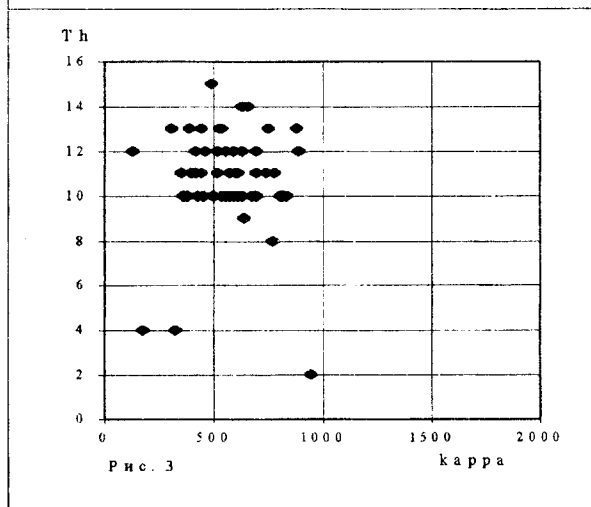
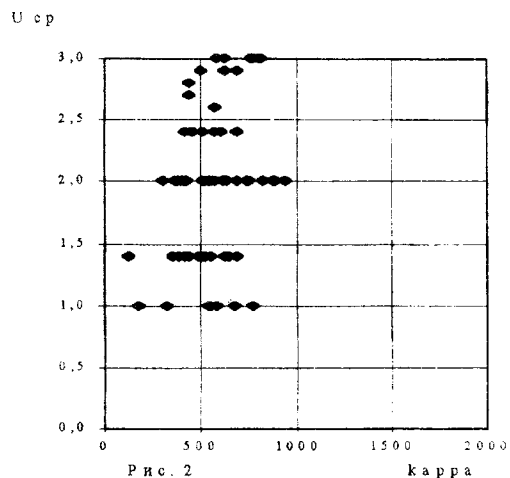
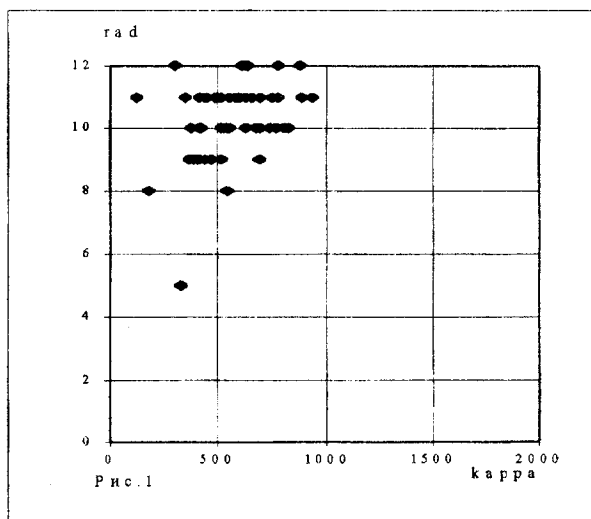
$$R(c;U)=0,27; \quad R(c;Th)=-0,09; \quad R(c;K)=0,10 \quad R(c;rad)=0,14;$$

Табл.1

Содержание радиоактивных элементов, общая гамма-активность и магнитная восприимчивость по Северо-Восточной площади г. Томска (n=66)

Элементы	min	max	среднее	кларк
K, %	0,4	2	1,6	2,5
Th, г/т	4	14	9	13
U, г/т	1	3	2	2,5
Гамма-радиоактивность	3	12	10	
χ * 10 <sup>-5</sup> ед. СИ	12,6	175,8	60,6	

Примечание: кларк приведен по А.П. Виноградову.



Поля корреляций магнитной восприимчивости ( $\cdot 10^{-4}$  ед.СИ) с радиоактивностью (мкР/ч) (рис.1), ураном (г/т) (рис.2), торием (г/т) (рис.3) и калием (%) (рис. 4).

Таким образом, проведенные исследования показывают, что применение комплекса геофизических методов позволяет экспрессно оценить уровень техногенного загрязнения различных территорий. Кроме того, полученные результаты позволяют говорить, что наблюдается некоторая корреляционная зависимость магнитной восприимчивости с радиоактивными свойствами почв. Установлено соответствие теоретических основ с практическими результатами.

**ТЕХНОЛОГИИ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ЭКОБЕЗОПАСНОЙ КОНСЕРВАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В АЛЮМОСИЛИКАТНОМ ВЕЩЕСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ РАЗНОГО ТИПА**  
**LONGITUDE DISDANGEROUS CONSERVATION RADIOACTIVE WASTE TECHNOLOGIES IN ALUMOSILKATE SUBSTANCES BY VARIOUS KINDS OF GEOCHEMICAL BARRIERS.**

Ковалев В.П., Мельгунов С.В., Пузанков Ю.М., Шведенков Г.Ю.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, Университетский пр., 3, Тел. (3832) 35-13-61, факс (3832) 35-26-92, E-mail: tikunov@uiggm.nsc.ru.

Наукоемкая и технически развитая атомная отрасль уделяла и уделяет недостаточное внимание решению вопроса бесконфликтного сопряжения с окружающей геологической средой не только высокоактивных отходов реакторного цикла, но и слабоактивных, нарабатываемых при получении первичных ЯДМ. Приобретенный к настоящему времени опыт сопряжения накапливаемых низко-, средне- и высокорadioактивных отходов с поверхностными и глубинными природными системами без предваряющего исследования буферных их возможностей не исключает последующего неуправляемого загрязнения радионуклидами среды жизнеобеспечения и жизнеобитания. Слабое звено применяемых технологий - отсутствие надлежащей информации о прочности устанавливающихся химических связей радиоэлементов с минеральным веществом пород. Даже широко используемый способ высаживания недоизвлекаемого при экстракции ТБФ с керосином урана из кислых растворов (обычно азотнокислых) в форме слаборастворимых уранатов при обработке их гашеной известью оставляет до половины урана в истинно растворенном состоянии. Высокая растворимость всех нитратов щелочных, щелочноземельных и иных металлов в воде давно известна. Поэтому при избытке нитрат-иона уранил легко мигрирует из шламонакопителей с фильтратами технических вод к местам разгрузки подземных вод.



Способы надежной консервации и отверждения РАО должны быть направлены на создание приближенных к природным высокоустойчивых систем, обеспечивающих длительные равновесные состояния твердых растворов и хемосорбционных барьеров в местах захоронения. Такие системы обеспечивают прочное соединение радионуклидов с вмещающими матрицами при условии, если сам матрикс обладает близостью химсостава с породами хранилища и нужной долговечностью. Консервантами здесь служат слоистые алюмосиликаты (а также гидроокиси Fe, Mn, Ti и др. элементов-гидролизатов) и изготовляемые на основе глин спеки и сплавы, являющиеся аналогами (в матричной основе) многих пород, слагающих земную кору. Наилучшим консервантом слабо- и среднеактивных жидких отходов служат бентонитовые глины. В их основе преобладают набухающие трехслойные алюмосиликаты - смектиты, представляющие собой хорошие хемосорбенты тяжелых и высокозарядных металлов. Наибольшая поглощательная способность (от 80 до 150 мг-экв/100 г сухого вещества) свойственна монтмориллониту. Высокосортные монтмориллонитовые глины крупных месторождений Сибири характеризуются активной поверхностью 500-600 м<sup>2</sup> в 1 см<sup>3</sup>, размером частиц 300 нм и общей катионообменной емкостью 60-110 мг-экв/100 г сухого вещества. Они полностью очищают технические растворы от цезия, стронция, редких земель и других нуклидов.

Экспериментально доказана возможность глубокой очистки технических сбросных вод бентонитовыми фильтрами и от урана. При фильтрации азотноводного рафината с примесью азотнокислого уранила (содержание урана 2,8 мг/л) через колонки монтмориллонитовых глин из раствора легко извлекалось 97-99% урана. Содержание его на выходе составило  $n \cdot 10^{-5}$  -  $n \cdot 10^{-6}$  г/л (уровни содержаний в питьевой воде). Уран легче извлекался из нейтральных растворов, где исключена конкуренция за связь с матрицей протонированного водорода. Высокой сорбционной емкостью по отношению к урану помимо смектитов обладают хлориты, гидрослюда, а также кандиды в ультрадисперсном состоянии. Идея связывания радионуклидов не нова (Эблер, 1921; Ласкорин и др., Рожкова, 1959; Алхазавили и др., 1964 и др.). Известны наблюдения, когда высаженные на глинах гидроксиды урана связываются с кремнекислородными подложками и дают при старении скрытокристаллические смеси оксидов и силикатов уранила - гуммиты. Показано, что коллоиды и суспензии глин способны сорбировать катионы при концентрациях, не достигающих произведения растворимости. Сорбция их из разбавленных растворов идет лучше, чем из крепких.

Существуют свидетельства накопления урана на поверхностях листовых силикатов в природных условиях, вплоть до образования собственных минеральных фаз и рудных концентраций - смеси глин и силикатов в различных корах выветривания, обогащение ураном монтмориллонитов гидротермально измененных пород и пород зон окисления урановых месторождений.

Все эти данные доказывают преимущества организации для слабо- и среднеактивных жидких сбросов геохимических барьеров хемосорбционных типов, на которых одновременно идет отверждение РАО и очистка вод. При этом десорбция урана из глин отсутствует при выщелачивании его дистиллированной водой и природными водами. Последующие диагенетические изменения еще более упрочняют связь урана с силикатным веществом.

Бентонитовые глины в смеси с цеолитами хорошо сорбируют почти все высокоактивные нуклиды. Последние составляют всего лишь 3% от всей массы отходов, нарабатываемых реакторами. Используемые и предлагаемые ныне для отверждения высокоактивных и долгоживущих радиоактивных отходов боросиликатные и алюмофосфатные стекла не стойки в контакте с природными водами, т.к. разлагаются и дают кислоты; битумные матрицы с включенными в них РАО вообще не пригодны для долговременного удержания нуклидов в условиях поверхности, не исключающих доступ свободного кислорода, уничтожающего этот барьер и т.д.

Эксперименты по выщелачиванию нуклидов из вулканических стекол, искусственных алюмосиликатных стекол и керамик доказывают очень слабую экстрагируемость заключенных в них высокоактивных изотопов. Даже в гидратированном состоянии они характеризуются высокой химической и термической стойкостью, способны выдерживать большие ионизирующие нагрузки, что обеспечивает надежность и долговечность изоляции высокоактивных отходов, а также максимальное геохимическое согласование со средой хранения. Долгоживущие радиоизотопы цезия и стронция предлагается связывать в керамиках, а трансураны и технеций предпочтительней вводить в стекла и хоронить "навечно". Причиной химической стойкости алюмосиликатных керамик и стекол является появление микронных толщин "рубашек" алюмокремниевых гелей, образующихся при взаимодействии матриц с водой или водным раствором. Их появление прекращает коррозию и диффузию катионов и анионов. Выщелачивание керамик и стекол чистой водой, кислотными и щелочными растворами показало сходные результаты: в раствор поступают только те анионы, которые связаны с этими оторочками, т.е. на ранних стадиях выщелачивания - до образования непроницаемых пленок. Алюмосиликатные матрицы наиболее равновесны с распространенными горными породами по главным компонентам. Этим достигается минимизация всевозможных физико-химических контрастов, градиентов и потенциалов в соседстве с избранными для захоронения средами. Несложные производства замесов глин на жидких концентрированных растворах, их формовка и последующая термообработка в нужных режимах делает переработку отходов рентабельной.

Предлагаемые способы консервации могут навсегда исключить загрязнение среды, обеспечить безопасное и контролируемое хранение отходов в отвержденных формах, наиболее отвечающих требованиям экологичности. Концентрирование "бросового" урана на создаваемых хемосорбционных барьерах открывает возможность последующего возврата его в топливный цикл. Отвержденные в виде спеков и сплавов нужной концентрации высокорadioактивные отходы легко транспортировать в места захоронения. После стабилизации нуклидов некоторые отходы могут представлять ценное сырье для экономически выгодных технологий их извлечения.

## ЛЕГКОПЛАВКОЕ СТЕКЛО ДЛЯ ФИКСАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

LOW - MELTING GLASS FOR THE FIXATION OF RADIOACTIVE WASTE

Дедов Н.В., Назаренко С.Ю., Соловьев А.И., \* Бяков С.Н., \* Шашкин Б.Ф.

Сибирский химический комбинат, \* Томский политехнический университет, Россия, г. Северск

Проблемы фиксации и захоронения радиоактивных отходов с каждым годом приобретают все большую актуальность. Способы их фиксации с применением боросиликатных и фосфатных стекол характеризуются сложностью реализации из-за высокой температуры плавления этих стекол (на уровне 1000 -1200°C). При таких температурах велика вероятность утечки радиоактивного цезия-137, поскольку выше 700°C этот элемент имеет высокую упругость пара.

Задачей настоящего исследования является создание низкоплавких стекломасс, что позволяет резко сократить возможные утечки радиоактивности и упростить технологию остекловывания радиоактивных отходов. Такими стекломассами



могут стать фторцирконатные стекла, представляющие околостеклянистую смесь фторидов циркония, бария, алюминия и РЗЭ.

Для снижения стоимости стекла предполагается использовать в качестве сырьевых компонентов промежуточные продукты редкометаллических производств. В частности, в качестве фторида циркония предполагается использовать дешевый продукт полного фторирования цирконового концентрата элементным фтором. Вместо фторида лантана - смесь неразделенных фторидов РЗЭ с природным соотношением элементов.

Для предварительных оценок и последующей оптимизации состава таких стекол использовалась методика активного эксперимента. В соответствии с планом варьирования состава для полнофакторного эксперимента изменялся состав фторцирконатного стекла ZBLA. В качестве "нулевого" уровня ( $X$ ) был избран образец следующего состава:  $ZrF_2$  - 58 %,  $BaF_2$  - 33 %,  $LaF_3$  - 4 % и  $AlF_3$  - 5 %. Фторцирконатное стекло такого состава применяется в световолоконной оптике и технология его приготовления достаточно хорошо разработана.

Согласно табл. 1 область варьирования параметров выглядит следующим образом.

Таблица 1

Вещество	$BaF_2$	$AlF_3$	$(PЗЭ)F_3$
Название параметра	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$X$	33	5	4
$\Delta X$	2	1	1
- 1	31	4	3
+ 1	35	6	5

Единица шкалы условных координат по оси  $X_1$  ставится в соответствии изменение концентрации  $BaF_2$  в 2 % по осям  $X_2$  и  $X_3$  - изменения концентраций соответственно фторидов алюминия и РЗЭ в 1 %. Фторид циркония, как основа фторцирконатного стекла, дополняет сумму концентраций компонентов до 100 %.

Функцией отклика в данном эксперименте является скорость растворения образцов стекла при их 25-суточной выдержке в дистиллированной воде. Она описывается уравнением 3-го порядка:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3,$$

в котором коэффициенты "b", рассчитываются по формулам:

$$b_0 = \sum y_i / n; \quad b_j = \sum y_i * x_{ij} / n; \quad b_{jk} = \sum y_i * x_{ij} * x_{ik} / n; \quad b_{1,2,3} = \sum y_i * x_{i1} * x_{i2} * x_{i3} / n; \quad \text{где } k \neq j.$$

В процессе исследований были отработаны методики приготовления образцов стекла, определения скорости его растворения и температур их плавления.

Матрица выполненного полнофакторного эксперимента с полученными результатами представлена в табл. 2. Полученное в результате исследований уравнение поверхности отклика в указанной условной системе координат имеет вид  $y * 10^3 = 1,471 + 0,363X_1 - 0,587X_2 + 0,325X_3 + 0,582X_1X_3 + 0,072X_2X_3 - 0,446X_1X_2X_3$ .

Из данного уравнения видно, что зависимость растворимости от состава стекла имеет сложный нелинейный характер. Это связано, по-видимому, с тем, что факторы эксперимента оказывают друг на друга косвенное влияние (через неучтенный "остаточный" фактор - концентрацию фторида циркония). Решающее влияние на снижение растворимости оказывает содержание в смеси фторида алюминия,  $X_2$  (коэффициент  $b_2$  отрицателен и почти вдвое превышает  $b_1b_3$ ).

Таблица 2

№ п.п.	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y * 10^3 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сутки}$
1	+	+	-	1,78
2	-	+	+	0,782
3	+	-	+	3,70
4	-	-	+	0,92
5	+	+	-	0,714
6	-	+	-	0,26
7	+	-	-	1,14
8	-	-	-	2,47

При повторении полнофакторного эксперимента с корректировкой состава были получены образцы стекла, скорость растворения которых в воде после 25-суточной выдержки не превышала  $1,6 * 10^{-6} \text{ г/см}^2 \cdot \text{сутки}$ , а температура плавления составляла 406 °С. Анализ информационных источников показал, что помимо влияния соотношений фторидов во фторцирконатных стеклах, на их водостойкость, скорость их растворения в воде может быть снижена до  $10^{-7} \text{ г/см}^2 \cdot \text{сутки}$ , путем введения в их состав небольших (до 1-2%) оксидов циркония, алюминия и их редкоземельных элементов. Это позволит использовать фторцирконатное стекло для фиксации радиоактивных отходов высокого уровня активности.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ИЛОВ ОТКРЫТЫХ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

### PROCESSING PRACTICE OF SLURRIES OF RADIOACTIVE WASTE IN OPEN STORAGE

Белов В.А., Матюха В.А., Сафин Б.Р., Стародумов В.П., Чапайкина Р.А.,

Ластов А.И., Коновалов Э.Е., Нерозин Н.А., Цыкунов И.В.

НИКИ СХК, г. Северск, ГНЦ РФ-ФЭИ, Россия, г. Обнинск

В процессе производственной деятельности на Сибирском химическом комбинате образовывались технологические и нетехнологические сбросные растворы, содержащие радиоактивные элементы. Часть этих растворов (низкоактивные растворы) направлялась для хранения в водохранилища открытого типа. В результате в них накапливались иловые отложения, имеющие в своем составе уран, плутоний-239, америций-241, цезий-137, рутений-106, цирконий-95 и ниобий-95.

Возросшие требования к охране природы поставили перед радиохимическим производством задачу ликвидации открытых хранилищ радиоактивных отходов. Первичная переработка илов предполагает их кислотную обработку для извлечения и концентрирования радионуклидов с последующим отверждением нерастворимого остатка или предварительную сушку и измельчение с последующим отверждением.

В результате проведенных исследований по разработке технологии химической переработки илов и пульп открытых водохранилищ Сибирского химического комбината получены данные по фракционному составу, содержанию воды, радионуклидов и других элементов, а также изучалось распределение радионуклидов по глубине залегания. В лабораторных

условиях изучено растворение иловых отложений в зависимости от концентрации азотной кислоты (0,5÷8,0) моль/л, концентрации фторид-иона (0,1÷0,5) моль/л, соотношения твердого и жидкого (1:3) ÷ (1:15), температуры процесса (20÷90)°С, времени контакта фаз (2÷6) час. Изучался также процесс растворения накладками. При выбранных оптимальных условиях (концентрация азотной кислоты - не менее 2 моль/л, концентрация фторид-иона - 0,5 моль/л, температура процесса - 90°С, время контакта фаз - 2÷3 часа, Т:Ж=1:5) извлечение урана достигает 95÷99%, а плутония 96÷99%. Предложено проводить переработку растворов, полученных при вскрытии илов, по существующим технологическим схемам Сибирского химического комбината.

Для отверждения илов или нерастворенных остатков предполагается использовать шлакощелочные вяжущие, приводящие к образованию геоцементных камней - аналогов природных материалов, обладающих высокой водоустойчивостью и долговечностью.

В докладе представлены результаты исследований по оптимизации шлакощелочного вяжущего, основой которого являются молотый гранулированный металлургический шлак и каолиновая глина; технологические параметры твердения геоцементного вяжущего, включающего высушенные илы или нерастворимые остатки от переработки илов; скорости выщелачивания в воду α-нуклидов и цезия-137 и прочностные свойства образцов геоцементных камней. Исследования проведены как на модельных илах природного состава, так и с использованием реальных илов открытых хранилищ СХК и нерастворимых остатков после их кислотной переработки. Экспериментально обоснована возможность иммобилизации радиоактивных продуктов СХК в геоцементные компаунды, пригодные для длительного безопасного хранения (захоронения). Показано, что при содержании 30-50% илов или нерастворимых остатков конечные продукты обладают высокой прочностью (не менее 10 МПа) и низкой скоростью выщелачивания [1÷2·10<sup>-6</sup> г/см<sup>2</sup>.сутки по α-нуклидам и <2·10<sup>-4</sup> г/см<sup>2</sup>.сутки по цезию-137].

### ПОВЕДЕНИЕ ТОРИЯ В ПЛАСТЕ-КОЛЛЕКТОРЕ ПРИ ГЛУБИННОМ ЗАХОРОНЕНИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

#### BEHAVIOUR OF THORIUM IN COLLECTOR-FORMATION UNDER DEEP BURIAL OF LIQUID RADIOACTIVE WASTES

Балахонов В.Г., Буров Ю.В., Зубков А.А., Матюха В.А., \*Каймин Е.П.

Сибирский химический комбинат, Россия, 636070, г. Северск, ул. Курчатова, 1,

\* Институт физической химии Российской Академии Наук, 117915, Россия, г. Москва, Ленинский пр., 31

К числу актуальных экологических проблем относится охрана биологической среды обитания человека от загрязнения токсичными веществами в местах расположения хранилищ и полигонов подземного захоронения токсичных веществ. Математическое моделирование является, пожалуй, единственным инструментом для описания поведения токсичных веществ, оценки безопасности хранилищ токсичных отходов техногенного происхождения и прогнозирования их состояния в будущем. Оно особенно актуально, когда захоронение токсичных веществ происходит под землю путем их закачки в глубоко-залегающие водоносные горизонты, где существует опасность миграции отходов с грунтовыми водами и загрязнение последних, а прямой аналитический контроль затруднен. В этих условиях миграция токсичных веществ определяется тремя главными факторами: конвективным переносом с грунтовой водой, диффузией и реакциями между компонентами отходов и природной средой, среди которых сорбция является главной в задержке миграции токсичных веществ в окружающую среду. Для математического моделирования миграции сорбция должна быть описана количественно. Точность описания поведения токсичных веществ методами математического моделирования определяется полнотой использования всех факторов и процессов, протекающих в пласте-коллекторе при их глубинном захоронении. Кроме того, математическая модель должна быть гибкой и универсальной, что позволит вносить новые данные и зависимости, накапливающиеся в процессе научных исследований и наблюдений за поведением токсичных веществ в реальных системах.

Проблема исследования поведения тория и математического моделирования его миграции в биологической среде обитания человека связана с его высокой токсичностью (предельно допустимая концентрация в воде 0,15 мг/л).

В настоящем докладе приводятся результаты лабораторных исследований по кинетике и равновесию поглощения тория породообразующими минералами из водных растворов различного солевого состава и в различных условиях. Полученные данные использованы в расчете миграции тория в природной пористой среде.

Поглощение тория исследовали в статических и динамических условиях при комнатной температуре на природных образцах, содержащих в основе α-кварц с различным соотношением монтмориллонита, каолинита, гидрослюда и железисто-магнезиальных хлоритов. Образцы контактировали до установления равновесия в статических условиях с растворами азотнокислого тория различного солевого состава при определенном соотношении фаз. Концентрацию тория определяли спектрофотометрически. Константы скоростей сорбции ( $k_1$ ) и десорбции ( $k_2$ ) рассчитывали по уравнениям (1) и (2) методами поиска и численного интегрирования по минимуму суммы квадратов отклонений между расчетными и экспериментальными данными. Начальные приближения  $k_1$  и  $[Th]_p$  определялись, соответственно, по начальному и конечному участку кинетической кривой.

$$\frac{d[Th]}{dt} = -k_1 \cdot [Th] + k_2 \cdot ([Th]_0 - [Th]) \quad (1)$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[Th]_0 - [Th]_p}{[Th]_p} \quad (2)$$

где  $[Th]_0$  и  $[Th]_p$  - начальная и равновесная концентрации тория;  $t$  - время.

Коэффициент межфазного распределения ( $K_d$ ) рассчитывали по ур. 3:

$$K_d = \frac{[Th]_0 - [Th]_p}{[Th]_p} \cdot \frac{V}{M} \quad (3)$$

где  $V$  и  $M$  - объем и масса твердой фазы, соответственно.

Опыты в динамических условиях проводили на колонке, заполненной твердой фазой, при постоянной скорости фильтрации. Концентрацию тория определяли на выходе из колонки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И МИГРАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ

В таблице приведены кинетические и равновесные данные по поглощению тория природными минералами в различных условиях.

Образец твердой фазы	Кислотная обработка твердой фазы	Ионная сила	pH	$k_1 \cdot 10^4$ час <sup>-1</sup>	$k_2 \cdot 10^5$ час <sup>-1</sup>	[Th] <sub>0</sub> мг/л	[Th] <sub>p</sub> мг/л	Kd см <sup>3</sup> /л
1	-	1.5	3.0	117	612	8.9	3.06	19.1
2	-	1.5	3.0	108	550	8.0	2.7	19.6
1	-	1.5	3.0	153	2862	4.53	2.95	5.35
1	+	0	3.0			16.4	0.81	193
1	+	0	2.0			17.0	0.81	202
1	+	0	1.0			18.0	4.9	27.1
1	+	0	0.6			19.0	11.0	5.5
1	+	0	0.35			9.5	8.5	1.2

Примечание: в образце 1 преобладает α-кварц, а в образце 2 - глина.

Поглощение тория выше на образцах, содержащих преимущественно глину. Предварительная кислотная обработка увеличивает сорбционную емкость образцов за счет частичного изменения их структуры. В сильносолевых средах, в присутствии комплексообразующих агентов, поглощение тория снижается. В низкосолевых средах поглощение тория зависит от кислотности водной фазы, что связано, вероятно, с различной сорбируемостью гидроксокомплексов.

С учетом кинетики сорбции, уравнение миграции имеет вид:

$$\frac{\partial [Th]}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 [Th]}{\partial x^2} - U \cdot \frac{\partial [Th]}{\partial x} - k_1 \cdot [Th] + k_2 \cdot ([Th]_0 - [Th]) \quad (4)$$

где  $x$  - расстояние;  $D$  и  $U$  - коэффициент диффузии и скорость фильтрации водной фазы через пористую среду.

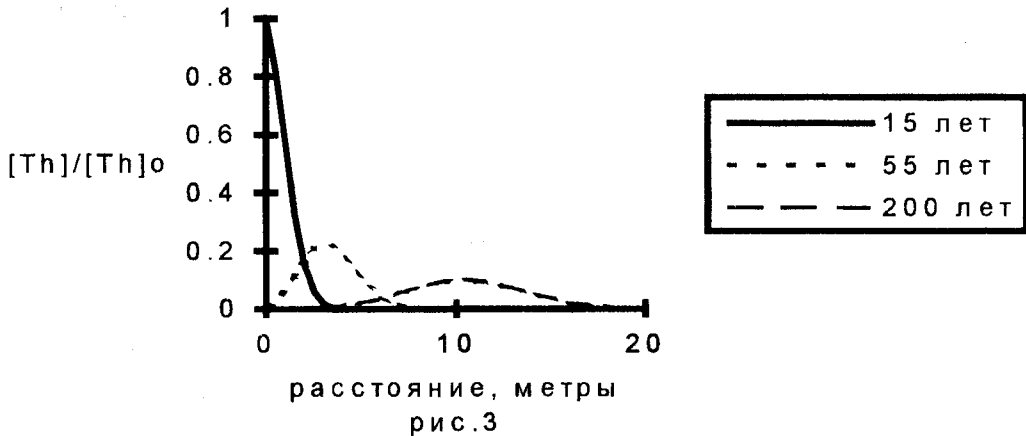
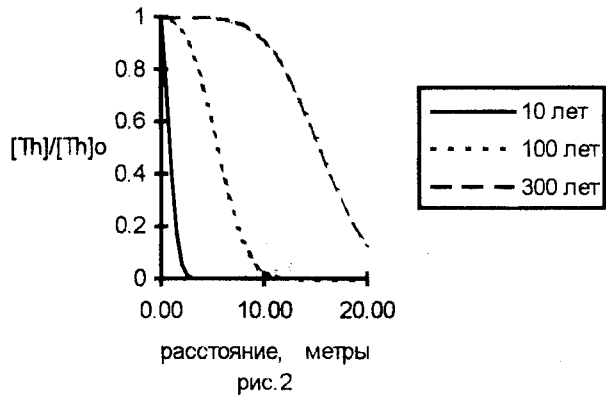
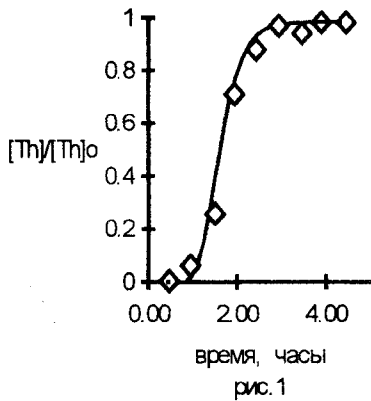
На рис. 1 показаны расчетная (ур. 4) и экспериментальная выходные кривые по торью для колонки.

Для больших пространственно-временных интервалов (условия окружающей среды) миграцию тория рассчитывали с учетом равновесия сорбции по ур. 5.

$$\frac{\partial [Th]}{\partial t} = \frac{D}{R_f} \cdot \frac{\partial^2 [Th]}{\partial x^2} - \frac{U}{R_f} \cdot \frac{\partial [Th]}{\partial x} \quad (5)$$

где  $R_f$  - фактор задержки.  $R_f = (1 + \rho \cdot K_d / n)$ ;  $\rho$  и  $n$  - объемная плотность и пористость твердой фазы.

На рис. 2 показан пример расчета миграции тория в направлении фильтрации водной фазы из постоянного источника, а на рис. 3 моделируется "разовый выброс" при  $U=3$  м/год,  $D=0.03$  м<sup>2</sup>/год,  $R_f=61$ .



### ЛИТЕРАТУРА

Carlsen L., Nielsen O.J., Bo P., Chemical dispersion - how chemical reactions influence migration //Geologic disposal of high level radioactive wastes /Athens. 1987. P.459-493.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАВ  
ГОРНО - ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**  
THE MAIN RESULTS OF THE DEEP BURIALS OF LIQUID RAW OF THE MINING CHEMICAL PLANT

Носухин А.В., Кудинов К.Г., Сигаев Б.П.  
Россия, Красноярский край, г. Железногорск,

Полигон подземного захоронения жидких радиоактивных отходов "Северный" Красноярского Горно-химического комбината предназначен для окончательного контролируемого захоронения технологических солевых растворов и низкоактивных нетехнологических отходов.

Полигон "Северный" в геологическом отношении расположен в пределах эрозионно-тектонической впадины в породах кристаллического фундамента. Впадина заполнена рыхлыми песчано-глинистыми отложениями юрского периода общей мощностью до 550 м.

В центральной части впадины в вертикальном разрезе выделяются три водоносных горизонта, сложенных кварц-полевошпатовыми гравелитами, песками и песчаниками, индексированными условно снизу-вверх как I, II, III горизонтами. Песчаные горизонты разделяются пластами каолинистых и гидрослюдистых глин и алевролитов мощностью до 150 м, которые являются хорошими водоупорами.

Напорные воды I горизонта имеют область затрудненной гидравлической разгрузки путем перетекания через толщу слабопроницаемых пород в долине реки Кана в 25-30 км севернее полигона. Областью разгрузки вод II горизонта является долина правобережного притока Енисея - река Тель - 5-6 км к северу и северо-востоку от полигона. Усредненная скорость движения потока напорных вод I горизонта 3-8 м/год.

Западной границей подземных хранилищ отходов является плоскость тектонического нарушения, по которой породы кристаллического фундамента смещены по вертикали до 320 м и надежно разобщает подземные хранилища в I и II горизонтах от русла Енисея.

Солевые технологические отходы удаляются в I горизонт, залегающий в интервале глубин 400-500 м, нетехнологические отходы захораниваются в подземное хранилище II горизонта (глубина 150-200 м), III водоносный горизонт (70-90 м) используется в качестве буферного между эксплуатируемым II-м и грунтовыми водами четвертичного чехла и поверхностными водоотоками.

Захороненные в 1967-95 годах солевые технологические отходы локализованы в пласте-коллекторе I-го горизонта на площади около 140 га на расстоянии в пределах 500 м в южном и 300 м в северном и восточном направлениях от ближайших нагнетательных скважин.

Удаленные в 1969-95 годах нетехнологические отходы локализованы в нижней половине II-го горизонта на площади около 190 га.

Основными условиями безопасности подземного захоронения отходов являются локализация их в период эксплуатации полигона захоронения и последующей выдержки до распада определяющих радионуклидов до безопасных концентраций в пределах заранее установленных границ горной среды на протяжении от 250 до 1000 лет.

Эти условия обеспечиваются выполнением ряда гарантированных мер и создают условия исключения какого-либо воздействия на людей, почво-грунты и неглубоко залегающие грунтовые воды.

**ПОЛУЧЕНИЕ ПУЧКОВ РАДИОАКТИВНЫХ ИОНОВ НА КЛАССИЧЕСКОМ ЦИКЛОТРОНЕ U-120 ЗА СЧЕТ  
НЕУПРУГОЙ ОТДАЧИ ИЗ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ, ВОЗБУЖДАЕМЫХ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ**  
RADIOACTIVE ION BEAMS PRODUCTION WITH THE CLASSICAL CYCLOTRONE U-120 AT THE EXPENCE OF  
NON-CLASSIC YIELD FROM NUCLEAR REACTION EXITED WITH HEAVY IONES

Рыжков В.А.

НИИ ядерной физики Томского политехнического университета, Россия, г. Томск, тел. (3822) 44-06-21

Получение пучков радиоактивных ионов имеет важное значение для решения ряда проблем фундаментального и прикладного характера: при определении ядерных констант в реакциях, возбуждаемых радиоактивными ионами, при изучении процессов массопереноса (диффузии, ионного перемешивания, эрозии, коррозии, износа), синтез необычных химических соединений при получении радиофармпрепаратов и т.п. Наиболее простым и привлекательным из существующих методов получения пучков радиоактивных ионов выглядит метод с конвертированием исходного пучка ускоренных тяжелых ионов в пучок радиоактивных ядер отдачи, образующихся в результате ядерных реакций и вылетающих из мишени-конвертора.

В первых модификациях метода использовалось нормальное облучение тонких (значительно менее пробега бомбардирующих ионов) мишеней, на ядрах которой возбуждались ядерные реакции с образованием ядер требуемого радионуклида, имеющих энергию, достаточную для вылета из мишени. Как правило, использовались ядерные реакции, в которых радиоактивные ядра отдачи имеют предельные углы вылета, меньшие  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$ , т.е. имеющие преимущественное направление вылета вперед по направлению бомбардирующих ионов. При сравнимых массах бомбардирующих ионов и ядер отдачи их энергии примерно одного порядка, поэтому для тонкой мишени-конвертора оказывается практически невозможно разделить исходный и радиоактивный пучки. Это значительно снижает возможности применения подобных конверторов.

Очевидным решением для разделения исходного и радиоактивного пучков явилось использование угловой расходимости пучка радиоактивных ядер отдачи. При этом значительная часть ядер отдачи (с малыми углами вылета) терялась, но становилась возможной практически полная сепарация пучков. Использование облучения толстых мишеней-конверторов под малыми углами к направлению пучка бомбардирующих ионов, кроме того, сняло проблему устойчивости мишени при облучении. Однако при наклонном облучении плоских мишеней-конверторов плотность потока радиоактивных ядер отдачи оказывается недостаточной для большинства применений метода. Кроме того, эти потоки не имеют аксиальной симметрии, что значительно затрудняет дальнейшее формирование пучка радиоактивных ионов.

**КОНВЕРТОР С АКСИАЛЬНОЙ СИММЕТРИЕЙ ПУЧКА РАДИОАКТИВНЫХ ЯДЕР ОТДАЧИ**

В 1985 г. автором были разработаны и испытаны с коллегами две [1-2] модификации толстой мишени-конвертора, позволяющие более чем на порядок, повысить плотность потока радиоактивных ядер отдачи и создавать акси-

ально симметричные пучки радиоактивных ионов, полностью сепарированных от бомбардирующих мишень тяжелых ионов. В модификации ИРА-2 (имплантатор радиоактивных атомов) применена мишень в виде полого усеченного конуса, обращенного большим основанием к источнику тяжелых ионов (циклотрон У-120) и соосно к направлению их движения.

В более поздней модификации ИРА-3 для повышения к.п.д. (на 15-20 %) устройства и улучшения равномерности распределения радиоактивных ядер отдачи внутри основного конуса соосно были введены дополнительные 2-3 подобных усеченных конуса, большее основание каждого из которых равно меньшему основанию предыдущего.

В обеих модификациях образующие конических поверхностей наклонены к направлению потока бомбардирующих ионов под углом  $\alpha$ , меньшим, чем предельный угол вылета ядер отдачи  $\vartheta_m$ , рассчитываемый из кинематических параметров используемых ядерных реакций. Для большинства ядерных реакций, возбуждаемых ускоряемыми на циклотроне У-120 НИИ ЯФ ТПУ ионами  $^{12}\text{C}$  и  $^{14}\text{N}$  с энергией 12-20 МэВ на ядрах легких элементов, как правило, угол вылета,  $\vartheta_m = 15^\circ-30^\circ$ . При исследовании ядерных реакций  $^9\text{Be}(^{14}\text{N},\alpha\text{n})^{18}\text{F}$ ,  $^{11}\text{B}(^{14}\text{N},\text{p})^{24}\text{Na}$  и  $^{10}\text{B}(^{12}\text{C},\alpha)^{18}\text{F}$  было установлено, что зависимость выхода радиоактивных ядер отдачи от угла наклона  $\alpha$  толстой мишени примерно одинакова. Используя эту зависимость для реакций с соотношением масс бомбардирующего иона и ядра отдачи в пределах  $m_1/m_2=0,6-0,8$  было установлено, что в интервале  $\alpha = (0,16-0,33)\vartheta_m$  произведение выхода на  $\sin \alpha$ , характеризующее плотность потока радиоактивных ядер отдачи, максимально и примерно постоянно.

Оптимальный интервал соотношения диаметров меньшего и большего оснований конусов, найденный из геометрического соотношения

$$d/D = (\text{ctg } \alpha \text{ tg } \vartheta_m - 1) / (\text{ctg } \alpha \text{ tg } \vartheta_m + 1) = 0,5-0,7,$$

хорошо согласуется с экспериментальными данными [1].

Относительный выход ядер отдачи, определяемый как отношение числа выведенных из мишенного устройства радиоактивных ядер отдачи к общему числу образуемых в толстой мишени с диаметром, равным диаметру пучка бомбардирующих ионов D (выход радионуклида из толстой мишени), при оптимальных параметрах ( $\alpha$ ,  $d/D$ ) мишени-конвертора достигает 0,16-0,17, т.е. примерно 1/6 часть от максимально возможного числа образуемых ядер выводится из мишени-конвертора.

При выходах ядерных реакций на тяжелых ионах около  $10^{-5}$  (в толстой мишени), например, для ядерной реакции  $^9\text{Be}(^{14}\text{N},\alpha\text{n})^{18}\text{F}$  при  $E_N=20$  МэВ, и токе ионов на мишени-конверторе не более 5 мкА, интенсивность пучка радиоактивных ядер отдачи составляет около  $5 \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$ , что уже является достаточным для большинства применений пучков радиоактивных ионов.

Поскольку выходящие из мишени-конвертора пучки ядер отдачи имеют аксиальную симметрию, то, используя магнитные линзы, установленные за конвертором, можно фокусировать пучки этих радиоактивных ионов во избежание потерь при их дальнейшей транспортировке на значительные расстояния, например, для последующего ускорения до больших энергий, если подобное устройство, сопряженное с циклотроном У-120, используется в качестве инжектора радиоактивных ионов.

#### ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ИРА В КАЧЕСТВЕ ИМЛАНТЕРА РАДИОАКТИВНЫХ АТОМОВ

Очевидным применением подобных устройств является изучение износа деталей машин с цилиндрическими рабочими поверхностями, причем для внутренних можно использовать первую модификацию ИРА-1, в которой мишень-конвертор в виде полного конуса обращена вершиной к источнику бомбардирующих ионов и расположена соосно пучку и образующей поверхности внутри детали. Для активации внешних рабочих поверхностей (сверла, фрезы, поршни, трубы и т.п.) можно использовать модификацию ИРА-2. В обоих случаях равномерная активация цилиндрических поверхностей достигается за счет возвратно-поступательного перемещения конусов или деталей в процессе облучения вдоль оси пучка ионов.

Модификация ИРА-3 позволяет получать наиболее равномерную активацию поверхности дисков, устанавливаемых вплотную к меньшему основанию основного конуса. Эта модификация устройства была использована при изучении процессов термо- и радиационно-стимулированной самодиффузии фтора в ионных кристаллах LiF: радиоактивные ядра отдачи  $^{18}\text{F}$  получали по ядерной реакции  $^9\text{Be}(^{14}\text{N},\alpha\text{n})^{18}\text{F}$  на конверторе, содержащем 3 усеченных подобных конуса из Be-Al-фольги. В отличие от прямого наведения активности  $^{18}\text{F}$  в кристаллах LiF по ядерным реакциям  $^6\text{Li}(^{14}\text{N},\text{rxn})^{18}\text{F}$  или  $^7\text{Li}(^{12}\text{C},\text{n})^{18}\text{F}$ , использовавшихся ранее [3], при использовании ИРА-3 были устранены радиационные повреждения от исходного пучка тяжелых ионов.

Использование подобных устройств для введения радиоактивной метки при изучении процессов массопереноса в твердом теле имеет несомненные преимущества по сравнению с традиционно используемыми, поскольку позволяет устранить сколько-нибудь значимое воздействие (химическое, радиационное, термическое) на исследуемый приповерхностный слой.

В работе [4] были рассмотрены возможности использования модификации ИРА-3 при синтезе необычных радиофармпрепаратов для позитронно-эмиссионной томографии. Показано, что введение радионуклидов  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$  и  $^{18}\text{F}$  в органические препараты с активностью около мКи ( $3,7 \cdot 10^7$  Бк) возможно при использовании конических мишеней с покрытием из  $^6\text{LiD}$ . При этом используются следующие пары ядерных реакций  $^6\text{Li}(^{12}\text{C},\alpha\text{n})^{13}\text{N}$  и  $^2\text{H}(^{12}\text{C},\text{n})^{13}\text{N}$ ,  $^6\text{Li}(^{10}\text{B},\alpha\text{n})^{11}\text{C}$  и  $^2\text{H}(^{10}\text{B},\text{n})^{11}\text{C}$ ,  $^6\text{Li}(^{14}\text{N},\alpha\text{n})^{15}\text{O}$  и  $^2\text{H}(^{14}\text{N},\text{n})^{15}\text{O}$ ,  $^6\text{Li}(^{17}\text{O},\alpha\text{n})^{18}\text{F}$  и  $^2\text{H}(^{17}\text{O},\text{n})^{18}\text{F}$  при энергиях бомбардирующих ионов около 20 МэВ.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Простые устройства, сопряженные с классическим циклотроном У-120, позволяют получать пучки радиоактивных ионов легких элементов с интенсивностью  $10^7-10^8 \text{ сек}^{-1}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. СССР 1279357 МКИ G01 N 23/221. Рыжков В.А., Обливанцев А.Н. Устройство для введения радионуклидов в образец. Приоритет изобр. 25.02.85. Оpubл. БИ 1988.
2. А.с. СССР 1342221 МКИ G01 N 23/221. Рыжков В.А., Обливанцев А.Н., Рыбасов А. Г. Устройство для введения радионуклидов в объем образца. Приоритет изобр. 22.05.85. Оpubл. БИ 1988.
3. Анненков Ю.М., Притулов А.М., Столяренко В.Ф. и др. Влияние низкотемпературного рентгеновского облучения на распределение внедренных ионов в кристаллах// Тез. оригинальн. докл. Всесоюзн. конф. "Ионно-лучевая модификация материалов", Черноголовка, 1987. -с.141.
4. Ryzhkov V.A. The application of cyclotron U-120 for nuclear recoil implantation of mCu-activities of  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$  and  $^{18}\text{F}$  into solid organic substances// Medical application of cyclotrons VII. Proceedings of the Seventh Symp.on the Medical Applic.of Cyclotrons, May 22-25.1995, Turku, Finland. TURUN YLIOPISTO, Turku, 1995.-p.I 25-26.

**ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ Fe55, Cd109 И Am241 ПРИ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ АНАЛИЗЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ**  
APPLICATION OF RADIOISOTOPE EXCITATION SOURCES Fe55, Cd109 AND Am241 IN X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS OF GEOLOGICAL SAMPLES

Ревенко А.Г.

Институт земной коры СО РАН, Россия, г. Иркутск

Предположение о возможности использования радиоизотопных источников возбуждающего излучения для флуоресцентного рентгеноспектрального анализа было высказано на Первой Женевской конференции по мирному исследованию атомной энергии в 1956 году /1/. Ранее было замечено, что некоторые искусственные радиоактивные атомы "самопроизвольно" испускают рентгеновское излучение (без предварительного возбуждения).

**ВОЗБУЖДЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ С ПОМОЩЬЮ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ**

Существует несколько механизмов, посредством которых такие радиоактивные элементы возбуждаются на один из внутренних уровней. По типу распада изотопы делятся на четыре группы /1-3/. К первой относят изотопы, распадающиеся путем электронного захвата. Вторая группа состоит из метастабильных изотопов, испускающих фотоны в процессе изомерного перехода в основное состояние. В третью входят источники, для которых основным является альфа-распад, сопровождающийся испусканием рентгеновского излучения и гамма-квантов малой энергии. Четвертую группу образуют изотопы, распадающиеся посредством испускания бета-частиц (электронов). Гамма-спектр таких источников состоит из характеристического и тормозного излучений, образовавшихся при торможении электронов в веществе источника и ампулы.

При выборе радиоактивного изотопа как возбуждающего источника для рентгеноспектрального анализа определяющее значение имеют следующие характеристики: энергия испускаемых квантов и чистота спектра; период полураспада; удельная активность; доступность и стоимость изотопа. В докладе обсуждены характеристики отдельных изотопов. Важно, что набор используемых радиоизотопов не всегда обеспечивает оптимальные условия возбуждения.

Слой вещества с радиоактивными атомами наносится на какую-либо пластинку и помещается в спектрометр вместо рентгеновской трубки. Радиоизотопные источники, отличаясь стабильностью, надежностью и портативностью, легко обеспечивают выход излучения, достаточный для решения широкого круга аналитических задач. Тем не менее, любой радиоактивный изотоп, взятый в разумных количествах, является относительно маломощным источником возбуждающего излучения по сравнению с рентгеновской трубкой. Потеря в интенсивности излучения при замене рентгеновской трубки изотопом компенсируется тем, что для разложения излучения в спектр используют метод дисперсии по энергии. В последние годы спектрометры на основе Si(Li) - детекторов составляют основную часть рентгеноспектральных приборов на мировом рынке /4/.

**ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

Анализируемый образец облучается рентгеновским излучением первичного источника. В случае, если энергия фотонов первичного излучения достаточна для возбуждения характеристического спектра атомов образца, происходит их возбуждение. Возбужденные атомы испускают фотоны в рентгеновской области длин волн. Образец в общем случае состоит из ряда элементов. Каждый элемент испускает спектр из нескольких характеристических линий. Помимо этого часть излучения первичного спектра рассеивается образцом. Таким образом, излучение от образца имеет сравнительно сложный спектральный состав.

Часть этого неоднородного вторичного излучения проходит через коллиматор и попадает в детектор, который преобразует фотоны в импульсы напряжения. Интенсивность регистрируемого излучения служит показателем содержания определяемого элемента в образце. При разработке методики определяются стандартные графики или формулы, связывающие интенсивность излучения выбранной аналитической линии с концентрацией изучаемого элемента в образце. В современных рентгеноспектральных установках для автоматизации процесса анализа и контроля за работой спектрометра используется ЭВМ.

В зависимости от используемого источника возбуждения выделяют:

- а) возбуждение с помощью рентгеновской трубки - рентгенофлуоресцентный анализ (РФА);
- б) Возбуждение радиоизотопами - рентгенорадиометрический анализ (РРА);
- в) возбуждение с применением синхротронного излучения (РФА с СИ).

В докладе основное внимание уделено применению РРА в геологии, при этом детально рассмотрены преимущества и недостатки этого варианта метода.

В настоящее время РРА представляет собой современный, достаточно универсальный аналитический метод определения содержаний элементов в широком диапазоне концентраций. Определяемые элементы - от Mg до U. Область его применения в геологии - определение с высокой воспроизводимостью и правильностью следовых элементов. В ряде случаев метод успешно применяется для основных породообразующих элементов. Анализируемые образцы горных пород могут быть твердыми (порошки, стеклообразные растворы, осадки на фильтровальной бумаге), либо жидкими (растворы, суспензии) /3, 5/. Обычно затраты времени на одно измерение равны примерно 20-60 с, а при необходимости определения малых содержаний время увеличивается до 1000 с. Граница обнаружения большинства элементов лежит на уровне 1 - 20 ppm. Для элементов с малыми Z ( $Z < 22$ ) ее величина существенно ухудшается вследствие резкого уменьшения проникающей способности излучения и эффективности возбуждения.

**ОЦЕНКА ВЗАИМНЫХ ВЛИЯНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РРА ГОРНЫХ ПОРОД**

Оценка взаимных влияний при определении малых содержаний отдельных элементов в образцах горных пород разнообразного состава выполнена на теоретической основе. Расчет интенсивностей аналитических линий исследуемых элементов сделан на ЭВМ. Оценивалось влияние химического состава проб на относительные интенсивности линий К-серии элементов с атомным номером от 15P до 41Nb и L - серии элементов от 58Ba до 92U. Получено, что в зависимости от типа горной породы относительные интенсивности для отдельных линий изменяются весьма существенно /3/.

Первоначально оценивалось влияние различия массовых коэффициентов поглощения основных породообразующих оксидов, некоторых неосновных элементов, тетрабората лития и оксида лантана для первичного излучения ряда изотопных источников (Fe55, Sv109, Am241, I125), и флуоресцентного излучения линий Si, Ca, Fe, Sr и Ba. Анализ полученных данных показал существенное различие в поглощении первичного и флуоресцентного излучения исследуемых линий отдельными элементами, входящими в состав горных пород, а также добавляемыми компонентами. В докладе представлены результаты расчетов вклада эффекта избирательного возбуждения в интенсивности флуоресценции рассматриваемых аналитических линий. Для длинноволновой области рентгеновского спектра можно отметить интересный результат: вклад этого фак-

тора оказался минимальным для элементов с соседним Z (в частности, фосфор для линии Si) и максимален при подвозбуждении элементов с более высокими Z (например, железом для линии Si). Даны рекомендации по учету взаимных влияний элементов при анализе некоторых типов природных материалов.

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА

Тенденцией развития аналитики в геологии является потребность анализа все большего количества образцов и увеличение количества элементопределений на образец. Практическая важность исследований химического состава горных пород, почв, рыхлых отложений постоянно возрастает. Особенности геологических материалов как объекта анализа - это: 1) разнообразие химического состава; 2) необходимость определения содержания большого числа основных и следовых элементов; 3) малое количество стандартов для некоторых типов материалов. В докладе представлены примеры рентгенофлуоресцентного определения содержания ряда элементов в образцах тундровых, лесных, лесостепных, лугостепных и степных почв. Использован спектрометр с полупроводниковым Si(Li) - детектором фирмы "Ортек" и кольцевым изотопом Cd109. В основу методики количественного определения положен предложенный нами вариант способа внутреннего стандарта, основанный на использовании одного элемента сравнения для определения группы элементов. Для контроля разработанной методики были проанализированы стандартные образцы почв СП-1, СП-2, СП-3, Soil-5 и др. В пределах ошибок полученные с помощью РРА результаты хорошо согласуются с паспортными данными для этих образцов. Исследования, проведенные на большом количестве почв, показали, что содержания определяемых элементов изменялись в пределах (%): Ti 0,2-0,5, Fe 0,5-4,8, Rb 0,002 - 0,01, Sr 0,01 - 0,05, Y 0,0007 - 0,004, Zr 0,005 - 0,03 /3, 6/.

Обсуждены возможности РРА при определении содержания Sn в рудах и продуктах их обогащения (способ стандарта фона, Am241), ряда основных и сопутствующих элементов в вольфрамитах (комбинированный способ стандарта фона, Cd109) /3, 6/. Cu и Cu-Мо-рудах (способ внутреннего стандарта, Cd109).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Якубович А.Л. и др. Ядерно-физические методы анализа горных пород. - М.; Энергоиздат, 1982. - 264 с.
2. Плотников Р.И., Пшеничный Г.А. Флуоресцентный рентгенорадиометрический анализ. - М.: Атомиздат, 1973. - 254 с.
3. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. - Новосибирск: ВО "Наука". Сиб. изд. фирма, 1994. - 264 с.
4. Ревенко А.Г. Совершенствование рентгенофлуоресцентного анализа с дисперсией по энергии // Зав. лаб. - 1992. - Т. 58, № 6. - С. 12 - 19.
5. Ревенко А.Г. Подготовка проб природных материалов для рентгенофлуоресцентного анализа с дисперсией по энергии // Зав. лаб. - 1994. - Т. 60, № 11. - С. 16 - 29.
6. Зузаан П. и др. Применение полупроводниковых детекторов в рентгенофлуоресцентном анализе // Ученые записки МонГУ. - 1982. - № 1, 2. - С. 103 - 117.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕЖФАЗНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ "РАСТВОР-ВОЗДУХ"

#### EXPERIMENTAL STUDY OF THE SUBPHASE SPREADING OF RADIONUCLIDE IN THE SYSTEM "SOLUTION-AIR"

Короткевич В.М., Зубков А.А., Михайлова Н.А., Семенов Е.Н., \*Жиганов А.П., \*Носков М.Д.

Сибирский химический комбинат, \*Томский политехнический университет, отделение N1, Россия, г. Северск.

В настоящее время в ряде стран (США, Россия) накоплены жидкие радиоактивные отходы, временно хранящиеся в открытых бассейнах-накопителях. Межфазное перераспределение радионуклидов в системе "раствор-воздух" может стать причиной загрязнения воздушной среды и окружающей территории. Оценку воздушного распространения радионуклидов из бассейнов-накопителей можно провести с помощью математического моделирования.

В работе проведена экспериментальная оценка возможности выхода радионуклидов из водной фазы в воздух для условий окружающей среды.

В первой серии экспериментов определялась зависимость между давлением водяного пара и степенью перераспределения радионуклидов. Поверхность радиоактивного раствора обдувалась воздухом, который затем пропускать через колонку с дистиллированной водой. После окончания эксперимента вода подкислялась, упаривалась и проводилось определение суммарной бета-активности, Cs<sup>137</sup> и Sr<sup>90</sup> (таблица 1).

Таблица 1

Выход активности с поверхности раствора при обдуве воздухом, используя гамма-спектрометрический метод.

Число опытов	Температура °С	Давление паров воды, атм.	β-активность Ки/л	Cs137 Ки/л	Sr90 Ки/л
2	0	0.006228	$<2 \cdot 10^{-9}$	$<1.5 \cdot 10^{-8}$	$<2.4 \cdot 10^{-9}$
8	20	0.02383	$1.36 \pm 0.5 \cdot 10^{-8}$	$<1.5 \cdot 10^{-8}$	$<2.4 \cdot 10^{-9}$
7	60	0.2031	$8.2 \pm 2.8 \cdot 10^{-8}$	$6.5 \pm 1.7 \cdot 10^{-8}$	$2.3 \cdot 10^{-8}$

\* среднее из двух опытов.

Выход суммарной β-активности имеет значимую корреляционную связь ( $\alpha_{0.05}=0.87$ ) со скоростью испарения.

В следующей серии опытов определяли зависимость выхода Cs137 с поверхности раствора от его начальной концентрации. Для этого в эксикаторе в течение 45 дней выдерживали раствор, содержащий Cs137 и навеску концентрированной серной кислоты. Затем определяли вес поглощенной воды, нейтрализовали серную кислоту твердым СЛО, фильтровали от CaSO<sub>4</sub> и в декантате определяли суммарную β-активность (таблица 2).

Результаты таблицы показывают, что активность испаренной с поверхности раствора воды пропорциональна исходной концентрации раствора.

Для исключения предварительных операций при подготовке пробы к анализу и повышения чувствительности определения, вторая серия опытов была повторена с использованием высокоактивного раствора, содержащего различные γ-излучатели. Анализы проводили, используя γ-спектрометрический метод.

Исходный раствор и пробирку с навеской серной кислоты помещали в закрытую колбу, которую выдерживали в тяжелой камере в течение 30 суток. Результаты приведены в таблице 3.



Перенос Cs137 в зависимости от исходной концентрации раствора

№/п	Активность раствора, Ки/л, A <sub>1</sub>	Активность перенесенной воды, Ки/л, A <sub>2</sub>	Распределение активностей A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>
1	0.162	11.1*10 <sup>-9</sup>	6.2*10 <sup>-8</sup>
2	0.162	9.7*10 <sup>-9</sup>	6.0*10 <sup>-8</sup>
3	0.116	5.9*10 <sup>-9</sup>	5.1*10 <sup>-8</sup>
4	0.116	4.7*10 <sup>-9</sup>	4.1*10 <sup>-8</sup>
5	0.005	0.35*10 <sup>-9</sup>	7.0*10 <sup>-8</sup>
			Ср. 5.7*10 <sup>-8</sup>

Таблица 3

Перенос различных радионуклидов с парами воды

Изотоп	Активность в исх. растворе Ки/л, A <sub>1</sub>	Активность воды, Ки/л, A <sub>2</sub>	Распределение активностей, A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>
Ce144	118.2	2.0*10 <sup>-5</sup>	1.7*10 <sup>-7</sup>
Ce141	1.46	2.3*10 <sup>-7</sup>	1.5*10 <sup>-7</sup>
Cs137	1.38	5.9*10 <sup>-8</sup>	4.3*10 <sup>-8</sup>
Ru103	1.32	1.6*10 <sup>-7</sup>	1.2*10 <sup>-7</sup>
Ru106	10.0	1.6*10 <sup>-6</sup>	1.6*10 <sup>-7</sup>
Zr95	51.4	3.0*10 <sup>-7</sup>	0.6*10 <sup>-8</sup>
Nb95	110.8	1.1*10 <sup>-6</sup>	0.96*10 <sup>-8</sup>

Так как в растворе в течение хранения происходили радиационно-химические превращения, то это могло повлиять на вынос активности. В отдельном эксперименте был проверен вынос Ru106, предварительно окисленного до 8-ми валентного состояния. Распределение активностей в этом случае составило 5.5\*10<sup>-4</sup>. Это говорит о том, что при изучении распределения радионуклидов необходимо учитывать их физико-химическое состояние.

Полученные в работе результаты являются экспериментальной базой для моделирования распространения радионуклидов, что позволит сделать оценку объема реабилитационных работ при ликвидации и консервации открытых хранилищ жидких радиоактивных растворов.

### СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

#### STOCHASTIC SIMULATION OF RADIOACTIVE IMPURITIES DISPERSION IN THE ATMOSPHERIC SURFACE LAYER

Носков М.Д., Жиганов А.Н., Истомин А.Д., \* Зубков А.А., \* Семенов Е.Н.

Отделение №1 Томского политехнического университета, 636070, Россия, г. Северск, пр. Коммунистический, 65, т.(382-2)-78-45-05, факс (3822)7795-29, E-mail: noskov@mat.hvri.tpu.edu.ru

\* Сибирский химический комбинат, Россия, г. Северск.

Улучшение экологической обстановки в районах размещения предприятий ядерной промышленности требует создания адекватных методов прогнозирования рассеяния техногенных радиоактивных примесей в приземном слое атмосферы. Попадание радиоактивных веществ в атмосферу может быть связано, как постоянными выделениями, имеющими место при штатных режимах работы предприятий, так и с залповыми выбросами в случае производственных аварий. Распространение примесей происходит за счет переноса ветровым потоком и диффузии, обусловленной турбулентным движением воздуха. Картина радиоактивного загрязнения зависит от характеристик источника выбросов, метеословий, ландшафта местности, количества и свойств радиоактивных веществ в выбросе. Прогнозирование рассеяния примесей можно осуществить с помощью физико-математических моделей, учитывающих основные закономерности переноса примесей в атмосфере [1,2]. В настоящей работе представлена стохастическая модель рассеяния радиоактивных примесей в приземном слое атмосферы. Модель основана на полумпирическом уравнении турбулентной диффузии [3] и теории случайных процессов [4]. В модели учитываются процессы радиоактивного распада, конвективного переноса, турбулентной диффузии, гравитационного осаждения примесей. Также рассматриваются эффекты, связанные с неоднородностью степени поглощения примесей подстилающей поверхностью. На основе предложенной модели разработано программное обеспечение для выполнения компьютерных экспериментов по рассеянию примесей. Приведены результаты моделирования распространения радиоактивных загрязнений с открытого бассейна, содержащего радиоактивные отходы.

В рамках стохастической модели распространение радиоактивных примесей в приземном слое атмосферы описывается с помощью ансамбля случайно блуждающих точек. Точки маркируют элементы поля воздушного потока, содержащие определенные количества радиоактивных примесей. Область моделирования включает подстилающую поверхность и прилегающую к ней часть приземного слоя атмосферы. Движение блуждающих точек начинается с участков поверхности, соответствующих источникам радиоактивных примесей. В ходе своего движения блуждающая точка может покинуть атмосферную часть области моделирования или поглотиться подстилающей поверхностью. Вероятность поглощения точки определяется свойствами подстилающей поверхности и может изменяться от единицы (абсолютно поглощающая поверхность) до нуля (отражающая поверхность). Каждой блуждающей точке соответствует некоторое значение активности, которая убывает со временем согласно закону радиоактивного распада. Перемещение частицы происходит по шагам, соответствующим определенному интервалу времени. Перемещение имеет детерминистическую и стохастическую составляющие. Детерминистически описывается гравитационное оседание примесей и перенос с осредненным ветровым потоком. Турбулентное движение примесей с воздушными потоками описывается стохастически. На каждом временном шаге стохастическая составляющая рассчитывается согласно заданному распределению вероятностей. Распределение вероятностей определяется таким образом, чтобы модель соответствовала полумпирическому уравнению турбулентной диффузии для приземного слоя атмосферы [3]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -V \frac{\partial c}{\partial x} - W \frac{\partial c}{\partial z} - \lambda c + \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial c}{\partial z}, \quad (1)$$



здесь  $c$  - концентрация радиоактивных примесей;  $K_x, K_y, K_z$  - коэффициенты турбулентной диффузии;  $V$  - приземная скорость ветра;  $W$  - скорость гравитационного оседания;  $\lambda$  - постоянная радиоактивного распада ось;  $X$  - лежит в плоскости земли и направлена по направлению ветра, ось  $Z$  - направлена вертикально вверх.

На основе стохастической модели было разработано программное обеспечение, позволяющее проводить компьютерное моделирование рассеяния радиоактивных примесей. Программное обеспечение представляет возможность произвольного выбора характеристик примесей, формы, положения и мощности источников примесей, задания распределения скорости ветра и коэффициента турбулентной диффузии по высоте, введения неоднородностей поглощающей способности подстилающей поверхности.

Модель была использована для исследования распространения загрязнений с открытого бассейна, содержащего радиоактивные отходы. Радиоактивные примеси попадают в атмосферу при сдувании ветром брызг с гребней волн, лопании мелких газовых пузырьков на поверхности бассейна, а также вместе с испаряющейся жидкостью. Моделирование показывает, что, подхваченные ветровым потоком, примеси могут перемещаться и оседать на подстилающую поверхность на значительных расстояниях от источника. На рис. 1 приведены картины рассеяния примесей в приземном слое атмосферы для сферического источника с постоянной мощностью. Метеоусловия соответствуют нейтральной температурной стратификации. Представление о картине радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности спустя определенное время после начала выделения примесей дает рис. 2. На рис. 2а показаны линии равной поверхностной концентрации активности. Продольный профиль следа приведен на рис. 2б. Зависимости поверхностной концентрации активности и суммарной экспозиционной дозы от времени приведены на рис. 3а и 3б. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют точкам наблюдения, находящимся с подветренной стороны от источника (рис. 2а). Наличие на подстилающей поверхности участков, отличающихся поглощающей способностью, приводит к изменению распределения поверхностной концентрации загрязнений. На рис. 4 показано влияние на распределение концентрации участка с вероятностью поглощения меньшей, чем у остальной поверхности.

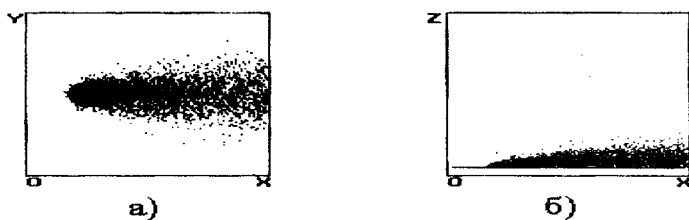


рис. 1

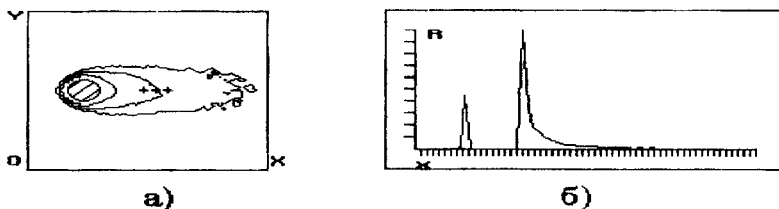


рис. 2

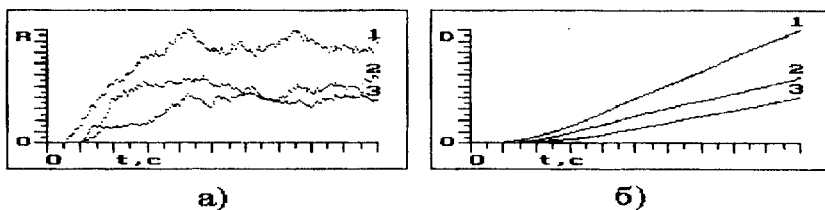


рис. 3

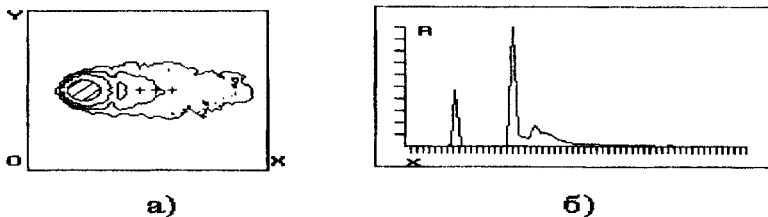


рис. 4

Предложенная модель позволяет исследовать распространение радиоактивных примесей в атмосфере, распределение активности и экспозиционных доз для различных пространственных распределений скорости ветра, коэффициентов турбулентной диффузии и наличия неоднородностей поглощающей способности поверхности. Возможно моделирование нестационарного распространения примесей от источников различной формы, расположенных на разной высоте от поверхности земли и имеющих переменную мощность. Модель является достаточно универсальной и может быть легко обобщена включе-

нием в рассмотрение эффектов вымывания примесей осадками, вторичного подъема примесей с поверхности, рельефа поверхности и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей. Под ред. Ньистадта Ф.Т.М., Ван Допа Х.Л.: Гидрометеоздат, 1985.
2. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982.
3. Хргиан А.Н. Физика атмосферы.-М.: Изд. МГУ, 1986.
4. Репке Г. Неравновесная статистическая механика.- М.: Мир, 1990.

### ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПОВ В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГАЗОВОГО ТРАНСПОРТА БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С ХЛОРОМ

#### APPLICATION OF RADIOISOTOPES IN THE PHYSICAL AND CHEMICAL INVESTIGATION OF GAZ TRANSPORT PRECIOUS ELEMENTS WITH CHLORIN

Жмодик С.М., Павлов А.Л.

Объединенный институт геологии геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Россия, Новосибирск, Университетский пр.,3,

Исследования последних лет, свидетельствуют о значительной роли хлора в перераспределении и мобилизации металлов в высокотемпературных магматогенных процессах [1,2]. Данные о коэффициентах распределения благородных металлов в природных системах, свидетельствуют об обогащении в 10-100 000 раз газовой фазы, относительно расплава Ag, Au, элементами платиновой группы (ЭПГ) [3,4]. При этом в качестве главных форм переноса металлов предполагаются комплексы с хлором [3,4]. Процесс хлорирования в природных условиях возможен при наличии во флюидной фазе свободного хлора. Однако, основная масса галогенов в вулканических и магматических газах представлена преимущественно их водородными соединениями в виде HCl и HF. Концентрации HCl в вулканических газах могут достигать 9,77 мол. % (вулкан Augustine, Аляска) [5].

Экспериментальные исследования коэффициентов распределения ЭПГ и золота в высокотемпературных силикатных системах, содержащих хлор (NaCl, HCl) также свидетельствуют о значительном влиянии галогенов на перенос благородных металлов. На основании предварительных исследований [6], для природных условий нельзя исключать возможность генерации в водно-галогенидных системах (при повышенных температурах и давлениях) в составе равновесного магматогенного флюида свободных галогенов, возникающих при взаимодействии галогенводородов с окислами металлов переменной валентности.

Было проведено экспериментальное изучение переноса иридия и золота через газовую фазу в условиях высоких температур и направленного поступления хлора (метод хлорирования в потоке) [7]. Металлические иридий (99,9% Ir) и золото (99,99% Au) меченные соответственно радиоактивными изотопами  $^{192}\text{Ir}$  и  $^{198}\text{Au}$  в виде тонких пластинок подвергались хлорированию в кварцевой трубке (длина 300 мм) с нагревателем (длина 195 мм) (рис.1). Иридий или золото помещались в кварцевую лодочку в центральной части реактора вместе с порошком NaCl. Температура в центральной части зоны нагрева равнялась 950°C. Физико-химическое моделирование процессов генерации свободного хлора и газового переноса ЭПГ и золота при высоких температурах проводилось на ПЭВМ IBM 486 DX40 по программе "Селектор" [8]. Помимо моделирования возможных путей генерации свободного хлора, был проведен анализ опубликованных экспериментальных данных по растворимости благородных металлов в водно-хлоридных флюидах, с целью установления основных механизмов транспорта благородных металлов. Термодинамические расчеты проводились методом минимизации свободной энергии.

Использование радиоактивных изотопов  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{198}\text{Au}$  позволило на всех стадиях эксперимента проследить перераспределение элементов в системе. Установлено, что благородные металлы обладают высокой летучестью в соединениях с хлором в широком диапазоне температур. Процесс взаимодействия благородных металлов с хлором переводит труднорастворимые соединения благородных металлов в водорастворимые хлориды с высокими коэффициентами растворимости. Осаждение благородных металлов контролируется температурой: основное количество Ir осаждается в температурном интервале 600 - 350°C; Au - 430-100°C. До 5-10% металлов может переноситься в низкотемпературной области - 20-30°C. Газообразные соединения благородных металлов с хлором, в низко температурной области (20-30°C) легко переходят в раствор. Одним из вероятных факторов осаждения газооб разных соединений Ir и Au с хлором при низких температурах, может быть их взаимодействие с кислородом и азотом воздуха.

Термодинамические расчеты свидетельствуют о возможности генерации свободного хлора в природных условиях в результате взаимодействия хлористого водорода с гематитом, окислами марганца, углекислым газом и сульфатами (таб.1). Реакция HCl с O<sub>2</sub> наиболее эффективна, но может протекать в ограниченных, специфических близповерхностных условиях. Образующийся хлор является метастабильной высокорекрационной фазой, которая быстро вступает во взаимодействие с благородными металлами в силу высокого с ними сродства. По-видимому данные известных экспериментальных работ по растворимости благородных металлов в высокотемпературных водно-хлоридных системах [9], также следует рассматривать как результат их взаимодействия с элементарным хлором.

Таблица 1

Расчет ("Селектор") количеств генерируемого Cl<sub>2</sub> при t=1200°C и p=1 бар

Реакция, генерирующая Cl <sub>2</sub>	Кол-во Cl <sub>2</sub> , вес. %
4HCl + MnO <sub>2</sub>	15,41
2HCl + 3Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,9
2HCl + CO <sub>2</sub>	0,47
2HCl + 0,5O <sub>2</sub>	34,25
HCl + CaSO <sub>4</sub>	10,4
HCl + NaCl + Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	0,0002

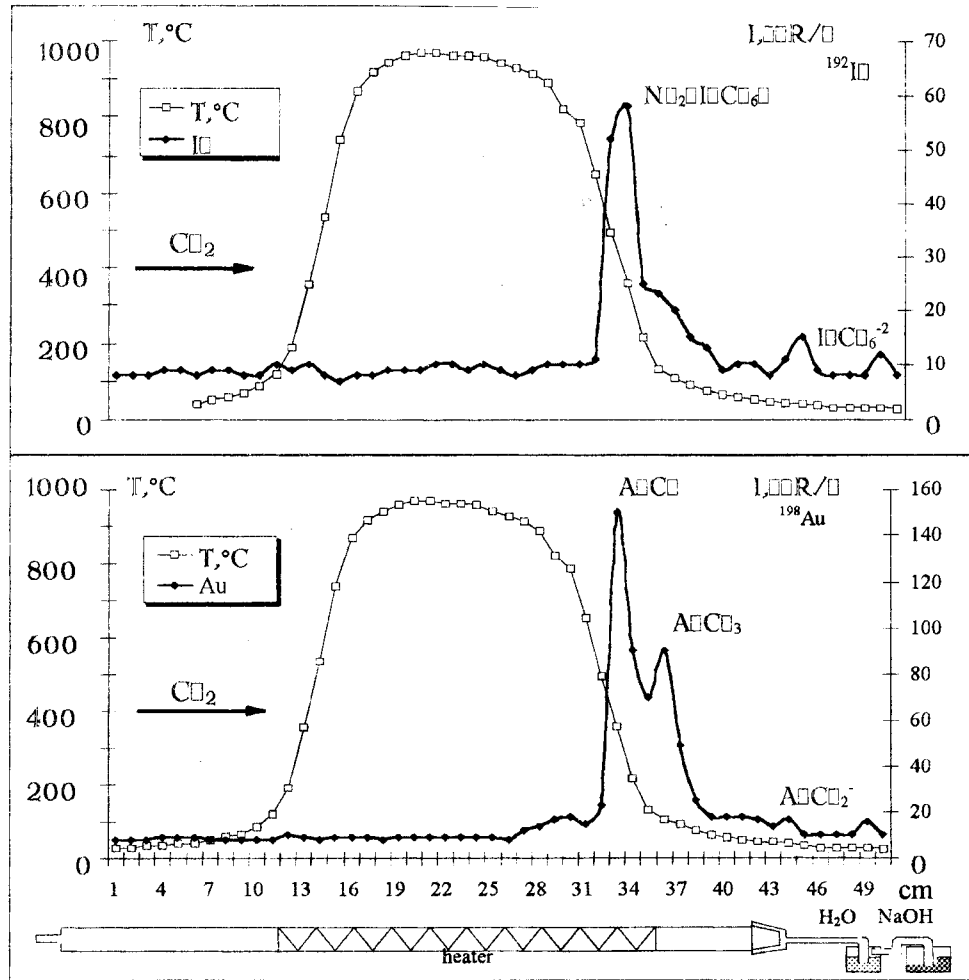


Рис.1 Схематическое изображение результатов экспериментов по газомому транспорту Ir и Au в потоке Cl<sub>2</sub>

Анализ опубликованных данных о концентрациях и формах переноса благородных металлов в вулканических и магматических газах, а также в океанических гидротермальных образованиях, свидетельствуют о значительной роли элементарного хлора в газомом транспорте благородных металлов в форме соединений с хлором, в магматогенных рудообразующих процессах, способных проявляться в различных геодинамических ситуациях. Благодаря проведенным исследованиям, не представляется удивительным, обнаружение anomalно высоких концентраций Ir, Au, Pt в вулканических и магматических газах, сублиматах и конденсатах [3,4,10-13]. Полученные данные могут объяснять возникновение высоких концентраций благородных металлов в низкотемпературных условиях при активном участии растворов [14], окислителей-восстановителей, в частности в углеродистых отложениях в ассоциации с органическим веществом. Чрезвычайно высокий коэффициент обогащения железо-марганцевых конкреций Мирового океана иридием, равный 350 (относительно литосферы), также может быть связан с поступлением элемента в составе флюидов, магматогенных рудообразующих океанических систем. Анализ опубликованных материалов свидетельствует о том, что перенос благородных элементов в газовой хлоридной форме может осуществляться во флюидных системах различных геодинамических обстановок: островодужных, океанических, вулканов "горячих точек".

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты N°94-05-16571a и N° 94-05-16744a).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Shinohara H. // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1994, v.58, N°23, p.5215-5221.
- Малинин С.Д., Кравчук И.Ф. // *Геохимия*, 1995, N°8, - с.1110-1130.
- Symonds R.B. // *Rept. Geol. Japan*, 1992, N°279, p.170-175.
- Аношин Г.Н., Мельникова Р.Д. // *Геохимия золота, редких и радиоактивных элементов*. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1981. - с.24-31.
- Symonds R.B., et al. // *Bull. Volcanology*, 1990, v.52, N°5, p.355-354.
- Павлов А.Л. Физико-химическое моделирование магматогенных флюидных рудообразующих систем. Новосибирск, ОИГТИМ СО РАН, 1992. - 116с.
- Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.В. и др. *Аналитическая химия платиновых металлов*. М., Наука, 1972. - 613с.
- Карпов И.К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии. Новосибирск, Наука, 1981, 88р.
- Gammons C.H., Bloom M.S., Yu Y. // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1992, v.56, N°11, p. 3881-3894.
- Вергасова Л.П., Набоко С.И. и др. // *Докл. АН СССР*, 1982, т. 264, N° 1, - с.201-204.
- Zoller W.H., Parrington J.R., Kotra J.M.P. // *Science*, 1983, 222, p. 1118-1121.
- Olmez I., Finnegan D.L., Zoller W.H. // *J.Geophys. Res.*, 1986, B91, N 1, p.653-663.
- Totain I.P., Meyer G. // *Geophys. Res. Lett.*, 1989, v.16, p.1391-1394.
- Батурич Г.Н. *Руды океана*. М., Наука, 1993, 303с.

**ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ.  
ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**  
**USE OF NUCLIDES IN THE NUCLEAR MEDICINE. ATTEMPT GETTING AND USED**

Суридин В.С., Глухов Г.Г., Паутов В.Г., Комов А.И.

Научно-исследовательский институт ядерной физики, Россия, г. Томск

В современной медицине используется свыше 50 различных радионуклидов в терапевтических и диагностических целях. В первом случае ионизирующее излучение радиоактивных атомов (Йода-131, коллоидного золота-198 и т.д.) применяют, например, для подавления роста злокачественных образований. Во втором - радионуклиды служат в качестве индикаторов, позволяющих исследовать процессы, происходящие, практически, во всех жизненно важных органах и тканях человека. Диагностические радиофармацевтические препараты (РФП) синтезируют, как правило, на основе короткоживущих радионуклидов (Тl-201, Тl-199, I-123, Tc-99m), имеющих периоды полураспада от 3 до 75 часов, и ультраранкоживущих радионуклидов (O-15, N-13, C-11 и др), распадающихся в течении десятков секунд.

Суть метода состоит в том, что больному вводят в кровь тот или иной РФП, селективно накапливающийся или участвующий в обмене веществ исследуемого органа или ткани. Затем с помощью компьютерной сцинтиграфической гамма-камеры или позитронного эмиссионного томографа проводят регистрацию гамма-излучения от интересующей области. Полученную информацию после соответствующей обработки выводят на монитор в виде готового изображения. То есть осуществляют визуализацию исследуемого органа. Такие сцинтиграммы имеют четко выраженные дефекты в областях с нарушенным обменом или же с необратимыми нарушениями - некрозом. Указанные исследования дают в десятки раз меньшую дозную нагрузку на организм человека, чем рентген, и позволяют получать информацию, недоступную для рентгеновских методов, расширяя тем самым возможность лучевой диагностики, как таковой.

Радионуклидная диагностика широко применяется во всем мире. В нашей стране основной объем подобных исследований приходился на г.г. Москву и Санкт-Петербург, где традиционно производились отечественные радиофармацевтические препараты с использованием высокоэнергетичных циклотронов. Остальные медучреждения страны централизованно обеспечивались только технециевыми генераторами, что объяснялось, с одной стороны, низким объемом производства остальных РФП (Tl-201, I-123), а также сложностью их доставки в условиях малого времени их жизни, а с другой стороны - высокой стоимостью их получения.

В связи с этим, в г. Томске на базе излучательных установок НИИ ЯФ при ТПУ исследовательском реакторе ИРТ-Т и циклотроне У-120 в 1985-1987 г.г. было организовано собственное производство РФП на основе радионуклидов технеция-99m (ИРТ-Т) и таллия-199 (циклотрон) для регионального обеспечения медучреждений. Получение препаратов осуществлялось по оригинальным технологиям, разработанными сотрудниками института. Так экстракционный генератор технеция, созданный в НИИ ЯФ, явился первым отечественным генератором подобного типа. В отличие от известных аналогов он имеет полное дистанционное управление. Препараты на основе таллия-199 были синтезированы впервые в мировой практике. Все технологии отличаются высокой экспрессностью и полным отсутствием радиотоксичных отходов.

Характеризуя отдельные препараты, необходимо отметить следующее. Препарат "Таллий хлорид, Tl-199" предназначен для выявления ишемической болезни сердца, нарушений перфузии миокарда (рубцов, инфарктных областей). Продолжительность получения РФП не превышает 45 минут, в то время как его аналог, используемый в мировой практике иготавливаемый на основе таллия-201, получают в течении 2 суток. При этом уровень радиоактивных отходов в десятки раз превышает активность полезного продукта.

Препарат "Диэтилдитиокарбамат, Tl-199" является новым отечественным РФП и используется для количественной оценки кровотока головного мозга. Время приготовления 20 минут. Препарат прошел клинические испытания и рекомендован к применению в 1995г.

Препарат "Натрия пертехнетат, Tc-99m" экстракционный используют с соответствующим набором реагентов для исследования печени, почек, щитовидной железы, миокарда, головного мозга и онкологических заболеваний. Время получения - около 2 часов.

Перечисленные препараты не исчерпывают всех потребностей ядерной медицины. В связи с этим, начиная с 1993 г в НИИ ЯФ были проведены подготовительные работы для получения короткоживущего радионуклида йод-123, наиболее близкого по биолохимическим свойствам живому организму. Для этих целей на одном из каналов циклотрона было смонтировано облучательное устройство для мишеней из обогащенного теллура-122.

В 1994 г были получены первые партии йода-123 и проведен синтез РФП "О-йодигипурата, I-123" для диагностики заболеваний почек у взрослых и детей. Препарат прошел лабораторные испытания в клиниках НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН и подготовлен к клиническому использованию.

Проведенные в НИИ ЯФ исследования показали, что для получения ультрасовременных препаратов могут быть использованы не только высокоэнергетические ускорители, базирующиеся в крупных промышленных центрах, но и относительно небольшие излучательные установки, которых в стране достаточно много и которые могут быть применены для решения задач здравоохранения отдельных регионов. Внедрение разработанных в институте технологий в других ядерных центрах страны позволит снизить дефицит в подобной продукции, а также повысить общий уровень медицинского обслуживания населения.

**СТАТИСТИКА В РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ  
(АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ 1993 - 1995 г.)**

STATISTICS IN A RADIOBIOLOGY & ECOLOGY (ANALYSIS OF THE DOMESTIC PUBLICATIONS 1993 - 1995)

Леонов В.П.

Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36,

тел. (3822) 23-24-53, E-mail: mng@inf.tsu.tomsk.sk

Современное состояние радиобиологии и радиозологии в настоящее время во многом определяется лавинообразным ростом экспериментальной информации имеющей в основном техногенный характер. Усиление экологического пресинга поднимает и уровень требований к методам анализа исследуемых данных.

Целью настоящей работы было исследование журнальных публикаций по радиобиологии, радиозологии и радиологии с точки зрения использования в них методов анализа экспериментальных данных. Были проанализированы 524 статьи журналов

“Радиационная биология. Радиоэкология”, “Медицинская радиология и радиационная безопасность” и “Экология” за 1992-1995 годы. В анализ не включались обзоры, статьи теоретического характера и лекции для практических врачей.

В большинстве статей методы статистики упоминаются в разделе “Материалы и методы”, в где также сообщаются объемы исследуемых выборок, используемый статистический пакет и тип ЭВМ. Ссылки на использованные статистические методы даются в весьма расплывчатой форме:

1. Результаты **обработаны статистически.**
2. Данные обрабатывали **общепринятыми методами.**
3. Данные подвергали анализу **по заданной программе.**
4. Результаты обработаны **стандартными методами статистики.**
5. Обработку данных проводили **статистическими методами.**
6. Результаты обработаны методом **вариационной статистики.**
7. Материал обрабатывали **статистически по методу Лакина.**

Отсутствие достаточной информации об использованных статистических методах и критериях вызывает оправданное сомнение в корректности и достоверности приводимых результатов и не позволяет заинтересованному читателю произвести их сравнение с собственными выводами. Как тут не вспомнить слова М.В. Ломоносова “Смутно пишут о том, что смутно представляют”.

Ниже приведена табл.1 содержащая частоту использования основных статистических параметров и критериев в проанализированных статьях.

Таблица 1

Частота применения основных статистических параметров и критериев.

Форма представления результатов и используемые статистические методы анализа и критерии								
	$M \pm m$	$p <$	критерий не-указан	t-Стьюдента	корреляционный анализ	$\chi^2$ -Пирсона	прочие методы	статистика не применялась
Частота относительная	0,76	0,58	0,56	0,35	0,07	0,06	0,1	0,19

Практика научных исследований вырабатывает определенные представления о способах обработки, признанных “стандартными” в соответствующих областях. Из данной таблицы можно сделать вывод о том, что такой стандарт стихийно сложился и для радиобиологической тематики. Наиболее часто авторы приводят в своих статьях характеристики выборок в виде  $M \pm m$ . При этом только в двух статьях авторы дали объяснения этим выражениям примерно такого вида: “Все значения представлены в виде средней  $\pm$  стандартное отклонение”. Подавляющее большинство авторов вообще никак не уточняет смысл выражения  $M \pm m$ . Между тем сравнение значений  $M \pm m$  для одних и тех же переменных из различных статей показало, что если значения для “M” достаточно близки, то значения для “m” отличаются порой в 5-10 раз. Это позволяет предположить что ряд авторов подразумевает под “m” стандартное отклонение SD, тогда как другие - стандартную ошибку среднего

$SEM = \frac{SD}{\sqrt{n}}$ . В пользу этого предположения говорит и тот факт, что для ряда переменных левая граница доверительного интервала  $M - 2m$  принимала отрицательное значение, что противоречило смыслу этих переменных, которые по своей природе не могли быть нулевыми или отрицательными.

Составной частью этого стандарта стала проверка гипотез о равенстве средних с помощью t-критерия Стьюдента, который используется в каждой третьей статье. Вместе с тем необходимо отметить, что в каждой второй статье, из тех где проверялись статистические гипотезы и использовано выражение “ $p <$ ”, не указывается использованный для этого статистический критерий. В тех публикациях, где применен t-критерий, никак не аргументируется правомочность его использования (нормальность распределений в обеих совокуностях; равенство генеральных дисперсий этих совокуностей). Коварная простота вычисления t-критерия и его наличие в большинстве статистических пакетов привели к его использованию и в тех условиях, когда это недопустимо. Наши исследования показали, что более половины наиболее популярных в радиобиологии числовых характеристик не подчиняются нормальному распределению. Пренебрежение авторами публикаций приведенными выше требованиями допустимости использования t-критерия Стьюдента приводит к существенному искажению результатов проверки гипотез о равенстве средних. На рисунке приведены графики зависимости величины t-критерия Стьюдента для случая равных ( $t=$ ) и неравных генеральных дисперсий ( $t \neq$ ), а также отвечающие им значения достигнутых уровней значимости ( $p <$ ) в зависимости от величины разности D между генеральными средними. Как видно из этого рисунка, достигнутый уровень значимости ( $p <$ ) для случая неравных дисперсий ( $P \neq$ ) всегда больше чем для случая равных дисперсий ( $P=$ ). Величина ( $P \neq$ ) определялась с использованием аппроксимаций критерия Беренса-Фишера по Уэлчу, Саттерзвайту и Кохрану-Коксу. Отличия значений ( $P \neq$ ) для этих аппроксимаций наблюдались в 3-4-ом знаках.

Значения  $R_n/p$  были получены для непараметрических критериев Вилкоксона, Краскела-Валиса, Манна-Уитни. Таким образом, пользуясь классическим выражением для t-критерия Стьюдента, когда фактически генеральные дисперсии неравны, исследователь будет делать ложный вывод о различии средних, когда на самом деле этого нет. О непопулярности непараметрических критериев говорит тот факт, что критерии Вилкоксона и Манна-Уитни были использованы всего лишь в 11 статьях.

Другая часто встречающаяся ошибка - применение t-критерия Стьюдента для проверки гипотез о равенстве трех и более средних. Например, для случая трех групп сравнивают группы 1-2, 1-3 и 2-3 с одним и тем же уровнем значимости, например  $p=0,05$ . Отметим, что дисперсионный анализ для подобной цели был использован всего лишь в 7 работах. Буквально в единичных работах отмечено применение кластерного и дискриминантного анализов и других многомерных методов, несколько чаще - корреляционного и регрессионного. В 62% работ был применен 1 метод, 2 метода - 15%, 3 метода - 3,5% и 4 метода - 0,5%. Наиболее часто в статьях упоминается статистический пакет STATGRAPHICS.

Наряду с этим имеются и единичные работы (Пелевина И.И., 1994; Конрадов А.А., 1994; Окладникова Н.Д., 1994; Хандогина Е.К., 1994; Гераськин С.А., 1993) в которых на высоком уровне проведен статистический анализ радиобиологических данных, что свидетельствует об участии в работе специалиста по прикладной статистике. Уровень использования статистических методов в публикациях отраслевых и академических институтов выше чем в публикациях ВУЗов.

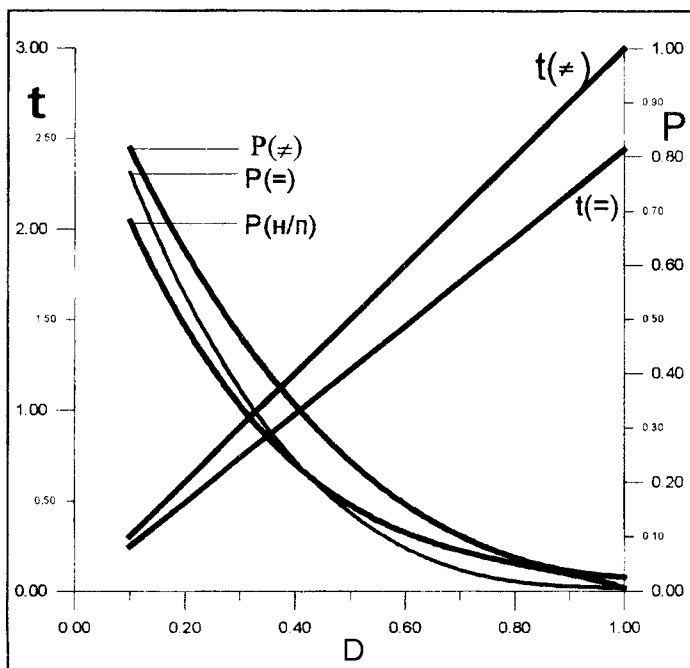


Рис. 1. Графики зависимости величины t-критерия Стьюдента для случая равных ( $t(=)$ ) и неравных генеральных дисперсий ( $t(\neq)$ ),

**О ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**ON APPLICATION OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ESTIMATION OF POPULATION HEALTH ON THE BASIS OF GENETIC AND FUNCTIONAL OF DATA**

Янковская А.Е.

634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, ТГАСА, тел. (382-2) 72-33-46, e-mail: antsupov@tisi.tomsk.su

Накопленные в настоящее время данные и знания по генетическим изменениям, связанным с присутствием радиоактивности и радиоактивных элементов в среде обитания человека, не позволяют без применения современных компьютерных технологий оценить с практической точки зрения полученные материалы. Затраты на обследование населения могут быть существенно сокращены путем минимизации числа показателей (параметров, признаков), определяемых у каждого индивидуума с целью постановки диагноза и выработки необходимых лечебных и организационно-управленческих мероприятий. Весьма актуальна и задача выявления неинформативных, константных, обязательных (постановка диагноза без которых невозможна при данной обучающей выборке), альтернативных (одинаково влияющих на постановку диагноза) и зависимых (в математическом плане) признаков. В частности, выбор самого "дешевого" признака (в смысле минимального воздействия на организм человека при измерении этого признака и минимальных затрат на измерение) среди альтернативных, а также исключение из рассмотрения неинформативных и зависимых признаков, сокращают как материальные затраты, так и временные, что особенно важно на практике. Определение обязательных признаков дает возможность предусмотреть заранее необходимые измерения, а, следовательно, связанные с ними исследования и необходимые для них препараты.

Для решения вышеупомянутых задач разработан математический аппарат оптимизирующих логико-комбинаторных преобразований в пространстве двоичных, троичных признаков, реализованный в рамках тестового подхода к распознаванию образов [1-3]. Кроме решения задач выявления различного рода закономерностей, применяемый аппарат позволяет строить все минимальные безыбыточные диагностические тесты (выделять все минимальные подмножества признаков, определяющие различные способы принятия решений, требующие минимального количества признаков), что повышает правильность принятия решений при наличии ошибок (измерения, занесения и др.).

Принятие и обоснование решений относительно обследуемого жителя (пациента) в разработанных нами методах основано на результатах оптимизации; коэффициентах сходства [4], каждый из которых характеризует меру близости значений признаков обследуемого пациента к набору значений признаков (при выборочном обследовании населения) по каждому из способов принятия решения для каждого из диагнозов; результатах голосования по совокупности вычисленных коэффициентов сходства с учетом заданной пользователем погрешности принятия решений и, наконец, на разнообразных средствах когнитивной графики, предназначенных для обоснования принятия решений для пользователей различной квалификации.

На базе полученных нами теоретических результатов и учета особенностей проблемной области (главный эксперт - генетик профессор Ильинских Н.Н.) силами лаборатории интеллектуальных систем Томской государственной архитектурно-строительной академии (ТГАСА) разработана и реализована на ПЭВМ IBM PC/AT интегрированная интеллектуальная система ГЕНЕТОН [5], предназначенная для оценки состояния здоровья населения по комплексу генетических и функциональных показателей.

В результате анализа полученных материалов (5-ти типов анкет и 11-ти типов таблиц, содержащих результаты обследования жителей Томской области) в целях комплексной обработки знаний была разработана и сформирована средствами системы ГЕНЕТОН структура модуля базы знаний, включающая порядка трехсот характеристических признаков, предназначенных для описания состояния здоровья обследуемых жителей, и порядка сорока классификационных признаков.

используемых для представления возможных решений. При этом некоторые из классификационных признаков являются диагностическими (уровень эритроцитов с микроядрами - три признака, стабильность генома - семь признаков, уровень риска патологических изменений - пять признаков), другая часть признаков отражает рекомендации по характеру медицинской помощи (четыре признака), а остальные служат для представления комбинаций препаратов, предлагаемых (на усмотрение врача) для лечения.

Система ГЕНЕТОН апробирована путем обработки знаний по микроядерному и гематологическому обследованию детей, проживающих в п.п. Самусь (37 детей) и Черная Речка-Тохтамышшево (15 детей), и по микроядерному и физиологическому обследованию взрослого населения, проживающего в п. Черная Речка (ст. Юкса, 44 человека). Структура модуля включает 71 признак, из которых 56 признаков являются характеристическими, а остальные - классификационными. Для заполнения модуля знаний потребовалось выполнить предварительную статистическую обработку исходной информации на предмет выделения интервалов средних значений каждого признака с использованием критерия Стьюдента. Значения классификационных признаков вычислялись с применением пороговых функций на основе значений характеристических признаков, вычисленных по результатам статистической обработки и весовых коэффициентов этих признаков, полученных от эксперта.

Уровень эритроцитов с микроядрами у всех обследованных детей поселка Черная Речка-Тохтамышшево находится в норме и стабильность генома высокая по всем показателям. У 13 (1) обследованных детей поселка Самусь уровень эритроцитов с микроядрами выше (существенно выше) нормы и стабильность генома снижена (существенно снижена) по некоторым показателям. Для 14 из 37 обследованных детей поселка Самусь рекомендуется применение препаратов с антимутагенным воздействием.

При этом вычислены весовые коэффициенты характеристических признаков, количество константных признаков (1), альтернативных признаков (5), зависимых признаков (3), обязательных признаков (4) и выделено 116 способов принятия решений при использовании минимального количества признаков (10 признаков для каждого способа принятия решения).

Создание системы ГЕНЕТОН позволило по некоторым регионам Томской области получить следующие результаты:

1. Систематизировать и структурировать данные и знания.
2. Получить среднестатистические оценки и отклонения по измеряемым показателям.
3. Выявить информативные ( существенные, альтернативные и зависимые) признаки (факторы), влияющие на оценку состояния здоровья населения.
4. Реализовать возможность выявления причинно-следственных связей между показателями, связанными с негативными изменениями в состоянии здоровья населения.
5. Реализовать возможность принятия оптимальных решений диагностического, прогностического, организационно-управленческого характера при анализе состояния здоровья обследуемых пациентов.
6. Принимать решения диагностического типа, характеризующие уровень эритроцитов с микроядрами, стабильность генома и уровень риска патологических изменений у обследуемых, а также формированию рекомендации по диспансерному наблюдению и применению препаратов с антимутагенным эффектом.
7. Интерпретировать и обосновывать результаты принятия решений с помощью оригинальных средств графической визуализации.
8. Рекомендовать для измерения признаки, повышающие точность принятия решений.
9. Вычислять значения признаков, которые невозможно измерить в силу обстоятельств.
10. Минимизировать затраты за счет отсутствия необходимости измерения зависимых признаков.

Применение системы ГЕНЕТОН позволяет увеличить скорость принятия решений по оценке состояния здоровья населения и формирования вышеупомянутых рекомендаций; повысить качество принимаемых решений и документации по этим решениям; увеличить объем одновременно обрабатываемой разнородной информации.

Система ГЕНЕТОН может использоваться администрацией области для оценки состояния здоровья населения не только для регионов Томской области (например, Томск-7), содержащихся в базе знаний, но и для других регионов с похожей эколого-медицинской обстановкой.

Система ГЕНЕТОН в результате заполнения ее базы знаний легко настраивается на решение других задач, например, задач прогностического характера, связанных с присутствием радиоактивности и радиоактивных элементов в среде обитания человека.

Работа частично поддержана РФФИ, проект N 95-01-00133.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Янковская А.Е. Оптимизирующие преобразования в процессе синтеза асинхронного автомата и их приложения// MTA SZTAKI TANULMANYOK, BUDAPEST. -99/1980, -С.212-227.
2. Янковская А.Е. Представление знаний и алгоритмическое обеспечение для медицины экстремальных ситуаций// Вестник Всесоюзного общества информатики и вычислительной техники. - N 1. - М., 1991. - С. 89-97.
3. Янковская А.Е. Тестовые распознающие медицинские экспертные системы с элементами когнитивной графики// Компьютерная хроника. - 1994. - N 8/9. - С. 61-83.
4. Янковская А.Е. Минимизация ортогональных дизъюнктивных нормальных форм булевых функций и построение на их основе коэффициентов сходства и различия для задач распознавания образов// Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии. РОАИ-2-95. Тез. докл. 2-й Всерос. с участием стран СНГ конф. - Ульяновск, 1995. - Часть I. - С. 85-87.
5. A.Yankovskaya, N.Ilyinskikh, A.Gedike, O.Zhurkina, E.Shwarzman Intelligent System for Estimation of People Health on the Basis of Genetic and Functional Data. Proceedings of the International Conference "CAD-95: New Information Technologies for Science, Education, Medicine and Business". Ukraine, Crimea, Yalta (Gurzuf), 1995,- V.1.- pp. 175.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES TREATMENT OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE

Островский Ю.В.

Новосибирский государственный проектно-исследовательский институт "ВНИПИЭТ", Россия, г. Новосибирск

В процессе производственной деятельности отечественных предприятий ядерно - топливного цикла образуются жидкие отходы органического и неорганического происхождения, загрязненные ураном, трансураниевыми элементами и продуктами их деления.

Жидкие органические отходы представляют собой отработанные индустриальные и вакуумные масла, экстрагенты и их растворители.

В настоящее время на большинстве предприятий из-за отсутствия технологии переработки эти отходы накапливаются в производственных емкостях, представляя собой потенциальную угрозу окружающей среде.

Задача экологически безопасного уничтожения таких отходов является весьма актуальной. Применяемый в отдельных случаях метод пламенного сжигания не может считаться экологически чистым, поскольку при его использовании образуется значительные количества окислов азота, сажи и субмикронной фракции радиоактивных частиц, выбрасываемых в атмосферу без надлежащей газоочистки.

В настоящее время Институтом катализа РАН и Новосибирским проектно-исследовательским институтом "ВНИПИЭТ" разрабатывается технология каталитического обезвреживания жидких органических отходов с последующей эффективной очисткой от газообразных ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) включений и твердой фазы, различной степени дисперсности.

Уникальная особенность разрабатываемого способа - возможность полного окисления органических соединений при сравнительно низких температурах ( $600 - 750^\circ\text{C}$ ), при которых практически не образуются окислов азота. Комбинированная четырехступенчатая система газоочистки, сочетающая различные физико-химические процессы, позволяет снизить содержание вредных до уровней ниже предельно допустимых.

На разработанной и смонтированной в 1995 году пилотной установке проведены испытания по сжиганию различных органических отходов таких, как вакуумные масла ВМ-1, ВМ-2, ВМ-4, индустриальные масла И-40, И-50, веретенное и трансмиссионное масло ТАД-17, трибутилфосфат в разбавителях РЖ-3 и РЭД-1.

Испытания показали высокую эффективность каталитического окисления органических отходов с полным подавлением выброса токсичных соединений в атмосферу. Полученные данные легли в основу проектирования опытно-промышленной установки в ядерно-безопасном исполнении, производительностью 12 кг/час по обезвреживаемым отходам.

Проблема эффективной очистки промышленных водных слабоактивных стоков от микропримесей долгоживущих радиоактивных элементов ( $\text{U}$ ,  $\text{Pu}$ ,  $\text{Am}$ ) с последующей их утилизацией имеет большое значение. Одним из наиболее перспективных методов очистки является сорбционный метод, основанный на применении неорганических сорбентов, например, свежеприготовленной гидратированной закиси - окиси железа. В качестве генератора последней используется гальванопара железо - кокс, опущенная в очищаемый раствор. При анодном растворении железа одновременно протекают следующие физико - химические процессы: катодное восстановление и осаждение металлов, образование клатратов, образование гидроксидов металлов, сорбция на свежобразованных поверхностях, коагуляция.

Испытания процесса, проведенные на Сибирском химическом комбинате, показали высокую эффективность. Так, при однократной обработке реального раствора с исходной концентрацией  $\text{Pu}=3,2$  мкг/л и  $\text{U}=4,8$  мг/л, содержащего также фтор, хлор, сульфат и фосфат - ионы в количестве от 10 до 165 мг/л концентрации радионуклидов в очищенном растворе были снижены до уровня ниже ПДК, причем коэффициент очистки по  $\text{Pu}$  достиг значения  $>1500$ .

Полученные данные легли в основу конструирования гальванокоагулятора вертикального типа для промышленного использования производительностью 10 - 15 м<sup>3</sup>/час, по очищаемым стокам.

В обоих случаях основная масса радионуклидов концентрируются в виде твердой фазы, удобной для последующей переработки с целью безопасного захоронения. Степень концентрирования радиоактивных элементов находится в пределах 500-1000.

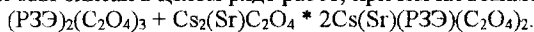
## ОКСАЛАТЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ФОРМА ЗАХОРОНЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ НУКЛИДОВ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ ВЫСОКОГО УРОВНЯ АКТИВНОСТИ

RARE - EARTH ELEMENTS OKSALATS AS PERSPECTIVE FORM BURIAL LONGLIFE NUCLIDES NUCLEAR WASTE  
HIGH LEVEL ACTIVE

Колонин Г.Р.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, Россия, г. Новосибирск

Согласно ряду западных литературных источников, в отработанном горючем атомных электростанций на нуклиды редкоземельных элементов (РЗЭ) приходится около 45% общей активности через 100 дней после извлечения топливных элементов с последующим увеличением до 48% через 5 лет. Щелочноземельные элементы ( $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$ ) и цезий в сумме составляют около 55% активности через 100 дней с уменьшением до 48% через 5 лет. В связи с подобным элементным составом радиоактивных отходов высокого уровня активности выдвигается идея их перевода перед захоронением в труднорастворимые оксалаты редкоземельных элементов путем обработки растворами щавелевой кислоты или через соосаждение с оксалатами кальция. Основными химическими формами их захоронения в зависимости от условий осаждения могут быть или простые водные оксалаты типа  $(\text{РЗЭ})_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  или двойные оксалаты типов  $(\text{Cs}, \text{Sr}, \text{Ba})(\text{РЗЭ})(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Синтез подобных соединений был описан в целом ряде работ, причем их взаимопереход схематически можно представить в виде реакции типа:



Поскольку кристаллическая структура оксалатов РЗЭ имеет слоистый характер и обладает довольно большими внутренними полостями (подобными имеющимся в структурах цеолитов), возможно соосаждение вместе с ними других компонентов-примесей, например, актиноидов.

Соосаждение РЗЭ совместно с  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Cs}$  в матрице оксалата  $\text{Ca}$  следует из широко известных геохимических и химико-технологических данных о близости кристаллохимических свойств всех указанных здесь элементов. Как возможные альтернативные варианты следует иметь высокую вероятность подобного соосаждения в сульфатных растворах в матрице гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  или в карбонатных растворах в форме кальцита  $\text{CO}_3$ . Однако наиболее заманчивой матрицей для соосаждения мог бы являться наименее растворимый флюорит  $\text{CaF}_2$ , в котором в природных условиях РЗЭ являются довольно



обычной микропримесью. Для проверки сформулированных предложений необходимо проведение экспериментальных исследований для выбора оптимального варианта.

Таблица

Перечень продуктов распада нуклидов и их активности в терабеккерелях (1 Tbq = 10<sup>12</sup> Bq) в различные моменты времени после извлечения из реактора, проработавшего 1 год при мощности 1MW (по данным Faure, 1992; Roxburg, 1987; Pentreath, 1980)

Радионуклиды	t = 0	t = 100 дней	t = 5 лет
Kr	7.07	6.92	4.88
Sr	1413.40	381.10	0
Sr	52.91	52.54	44.40
Y	52.91	52.54	44.40
Y	1809.30	536.50	0
Zr	1820.40	629.00	0
Nb	1783.40	1061.90	0
Ru	1143.30	219.04	0
Ru	80.66	66.60	2.59
Rh	80.66	66.60	2.59
I	932.40	0.15	0
Xe	2046.10	0	0
Cs	39.96	39.59	35.89
Ba	38.11	37.74	34.04
Ba	1912.90	8.51	0
La	1912.90	9.99	0
Ce	1768.60	75.38	0
Pr	1676.19	10.73	0
Ce	987.90	769.60	9.99
Pr	987.90	769.60	9.99
Nd	806.60	1.48	0
Pm	181.30	177.60	50.32

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНТАНИДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОВЕДЕНИЯ АКТИНИДОВ В ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**  
**POSSIBILITY USE FUNDAMENTAL CHEMICAL PROPERTES LANTANIDES FOR PROGNOSE CONDUCT ACTINIDES IN THE GEOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESS**

Колонин Г.Р.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СОРАН, Россия, г. Новосибирск

Химические аналогии между редкоземельными элементами (РЗЭ) и актинидами подчеркивались и использовались в конкретных случаях неоднократно, а в работах Moeller(1965), Choprin(1983) и Ионовой с соавторами(1990) они являлись предметом широкого анализа и обсуждения. Следует учитывать, что возможности сравнения лантанидов и актинилов четко и существенно ограничены условиями их общего валентного состояния (степени окисления). В отличие от большинства трехвалентных РЗЭ для наиболее важных и распространенных в природе актинидов нормальной является валентность +4. Поэтому только трансглутониевые элементы с их устойчивой валентностью +3 проявляют высокую степень сходства с лантанидами в разнообразных химических и технологических процессах. Ярким подтверждением является история выделения и идентификации по пяти атомам элемента 101(менделевия), десорбционная способность которого из смолы Dowex-50 была предсказана по аналогии с соответствующими РЗЭ, прежде всего, с тулием. Еще более впечатляющим примером является неоправдавшееся предсказание десорбционной способности следующего элемента 102(нобелия), сделанное на основании ожидавшейся аналогии с Yb, нашедшее объяснение только через 12 лет после установления его существования в растворах в виде двухвалентного иона.

Основной причиной сходства химических свойств лантанидов и трехвалентных актинидов является принадлежность их к группе так называемых "жестких кислот", ионы которых не склонны к проявлению ковалентной связи, а в процессах комплексообразования предпочитают партнеров из группы "жестких оснований". Как известно, из присутствующих в природе таковыми, в первую очередь являются фторид- и карбонат-ионы, а также фосфат-ион и гидроксил, что на примере РЗЭ недвусмысленно подтверждается их преимущественным накоплением в соответствующих типах минералов. Фундаментальное сходство характера химической связи обсуждаемых групп элементов количественно проявляется в убедительных корреляциях термодинамических характеристик их реакций комплексообразования со фторид-ионом (Choprin, 1983), оксалат-ионом (Sekine, 1965; Степанов, 1971) и другими примерами.

Вместе с тем, было бы излишним упрощением не учитывать неизбежность проявления более высокой склонности к проявлению ковалентности химической связи для актинидов с их большей склонностью к гибридизации электронных оболочек 5f типа по сравнению с 4f оболочками РЗЭ. Это находит четкое отражение в относительном упрочнении комплексных соединений актинидов с "мягкими основаниями", содержащими азот-, серу- и фосфорсодержащие доноры. Конечно, подобные типы химических взаимодействий с органическими компонентами относительно редко приобретают важное значение в природе (органическая геохимия, включая почвообразование), но очень важны для технологических процессов очистки и разделения. Убедительные примеры нарастания относительной устойчивости комплексов Am по сравнению с комплексами его близкого химического аналога Nd приведены в той же работе Choprin, 1983. Это позволило Musikas et al. (1981) предположить для сравнения относительной прочности лантанидных и актинидных комплексов простой и четкий по смыслу "селекционный фактор", вычисляемый по свободным энергиям образования соответствующих лантанидных и актинидных комплексов:

$$Sf = 2(G_{ac} - G_{ln}) / G_{ac} + G_{ln}$$

Представляется, что рассмотренные выше особенности геохимического и химического поведения должны учитываться при анализе и прогнозе природных и технологических процессов. Особую же роль они приобретают при проектировании, организации и мониторинге мест захоронения радиоактивных отходов любых уровней активности, где именно актиниды и лантаниды в сумме определяют основной уровень активности отходов. Как показано в других наших тезисах, доля активности радиоактивных нуклидов РЗЭ становится даже доминирующей в течение выдержки отходов высокого уровня (HLW).

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ МАСШТАБОВ МИГРАЦИИ АКТИНИДОВ И ДРУГИХ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ИЗ МЕСТ ЗАХОРОНЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**  
**VALUATION POSSIBLE SCALE MIGRATION ACTINIDES AND OTHER RADIOACTIVE ISOTOPES FROM PLASE BURIAL UNDER ACTION ORGANIC CONSTITUTE COMPLEX**

Колонин Г.Р., \*Вуд С.А.

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, Россия, г. Новосибирск,  
\*Факультет геологии и геологической инженерии Университета Айдахо, США

Во время выполнения годовичного (1994-1995 гг.) российско-американского проекта по проблемам захоронения радиоактивных отходов, финансировавшегося Национальной академией наук США совместно с Национальным исследовательским советом, была получена важная информация по проблеме утечки актинидов, радиоактивных изотопов редкоземельных элементов (РЗЭ) и других металлов ( $^{60}\text{Co}$ ) под воздействием грунтовых и техногенных вод, содержащих органические вещества. Согласно литературным данным, такая утечка связана, прежде всего, с присутствием в продуктах захоронения сильных лигандов-комплексобразователей хелатного типа (например, этилендиамин-тетраацетата ЕДТА), широко используемых в технологических операциях очистки радиоактивных отходов. Например, существенные масштабы загрязнения окружающей среды радионуклидами, мигрирующими в виде устойчивых комплексов хелатного типа, установлены для захороненных жидких отходов Национальной лаборатории в Оак Ридже, шт. Теннесси ( $^{60}\text{Co}$ ), в Хэнфорде, шт. Вашингтон и Максей Флатс, шт. Кентукки (Pu). Дополнительными факторами, способствующими утечке радиоактивных веществ, в подобных ситуациях могут являться природные органические лиганды типа оксалатов, фульво- и гуминовых кислот, присутствующие в захороненных и грунтовых водах в местах размещения радиоактивных отходов.

Проведены экспериментальные исследования по изучению растворимости в оксалатных растворах в интервале 25-70 С оксалата Nd в качестве модельного вещества, имитирующего возможное поведение как других РЗЭ, так и актинидов, в первую очередь, близких к нему в химическом отношении Pu, Am и др. Выявлен как интервал концентрации оксалата, благоприятный для поддержания растворимости твердой фазы на минимальном уровне, так и условия, способствующие повышению миграции образующих ее катионов.

Представляется целесообразным проведение оценки возможных масштабов миграции радионуклидов в виде органических комплексов в местах захоронения радиоактивных отходов Красноярского горнохимического комбината и других предприятий аналогичного профиля. В зависимости от результатов исследований последующей задачей может быть изучение возможностей замены наиболее сильных и устойчивых комплексобразователей (типа ЕДТА), используемых в современных технологиях подготовки и очистки отходов перед захоронением, на альтернативные вещества, ограниченные по своей миграционной способности и разлагающиеся в процессе хранения.

## Алфавитный указатель авторов

Ааркрод А. (Давид)	191	Ивантук И.И.	321,356	Найденова Н.И.	371	Тимофеев В.А.	276
Адам А.М.	207	Игатов П.А.	109,203	Нарзулаев С.Б.	378	Титасова Н.А.	180
Адишева Н.И.	342	Идрисов В.Ф.	207	Нарзулаев В.Д.	59	Токериев Г.Г.	164
Аюбаев В.А.	127	Ильинский Н.Н.	321,356,363	Наузов Г.Б.	51	Трапезникова А.В.	191,196
Алексеев В.А.	16	Исеева Т.М.	363	Непомнящих А.И.	216,218,228	Трапезникова В.Н.	191,196
Алексеева А.В.	331	Истомин А.Д.	484	Нерозин Н.А.	477	Тугалков В.Ю.	468
Алукер Н.Д.	250,254	Кадышев А.П.	298	Несветайло В. Д.	403	Туркина О.М.	69
Алукер Э.Д.	250	Кадырова М.	451	Нильсен С.П.	191	Тухатуллин Р.Т.	421,459
Алюсова Н.В.	421,459	Кайдалова Ю.В.	254	Нифонтова М.Г.	382	Тушков Е.П.	268
Антухова О.М.	375	Кайман Е.П.	478	Новикова Л.К.	421	Угаров В.А.	221,223
Авдырев А.А.	141	Камилеева В.П.	342,352	Новиков А.Д.	55,69	Удодов Ю.Н.	207,228
Арбузов С.И.	86,104,145,306	Камилевский О.О.	342,352	Носков М.Д.	483,484	Урзаева Л.Н.	363
Аринкин А.	207	Кавилевич С.И.	378	Носов А.В.	183, 290	Усманова М.М.	451,452
Афанасьева Н.В.	342,347,355	Каравалева Е.Н.	193	Носурян А.В.	480	Фалилеев А.Н.	244
Бабюшкова Н.П.	391	Кашперова Н.М.	397	Оборин А.А.	397	Федосеев Г.А.	433
Бадмаева Ж.О.	238	Киселев В.Н.	207	Обручев В.А.	14	Федосов Ю.Г.	34
Баженов М.И.	145	Ковалев В.П.	475	Овсленникова О.Ю.	375	Федотова Т.В.	344,347
Байгумунов Ж.Ж.	302	Ковалев С.И.	235,238	Ольховатенко Л. И.	342	Федотов Г. П.	378
Бакун В.А.	207	Коваленко В.В.	241	Омельяненко Б.И.	51	Филиппова Е.А.	418
Балахонов В.Г.	478	Коваль П.В.	244	Орлова С.В.	259,263	Филькина Ю.Н.	302
Балашева И.И.	319,371	Ковешников А.М.	244	Островский Ю.В.	492	Хисусов И.А.	391
Баласа Ю.А.	407	Колоса А.А.	394	Павлов А.Л.	486	Хореза С.А.	342
Барбаши Н.А.	342	Колмогорова М.Г.	259,263	Падеров Ю.М.	391	Цубульчик В.М.	247
Барский А.М.	472	Коледзиевская Е.Н.	281	Павлура В.Д.	95,216,218,228	Цыпенко С.И.	394
Батурина Е.А.	225	Колодец Г.Р.	492,493,494	Павришвили Л.О.	342	Цыганкова М.П.	342,344,350,355
Бегун Я.Э.	469	Комаровский Г.М.	141,255	Паутов В.Г.	488	Цыкунов И.В.	477
Беккерель А.-А.	7	Комов А.И.	488	Пахомов В.Г.	212	Чапаева Р.А.	477
Белов В.А.	477	Конев Г.И.	302	Петрик А.И.	207	Частокоевский Л.В.	387
Белух О.В.	115	Коновалов Ф.Е.	477	Петров Е.Р.	456	Чеботкина М.Я.	196
Бобров В.А.	160,437	Кочипов В.А.	39	Петровская Ю.А.	344	Чеснова В.Д.	342,344,347
Боброва Н.В.	160	Котылова Ю.Г.	124	Платонова Н.С.	331	Чернышов А.И.	115
Богоряд А.В.	342	Коробкин В.А.	298	Плеваско Г.Л.	296	Черняго Б.П.	216,228
Бойко В.И.	268	Коровкин М.В.	164,472	Плесанов Г.Ф.	384	Чесноков Б.П.	241
Бондюра Л.М.	387	Коровикова Е.В.	342	Плотникова Н.Н.	363	Чечелкин В.А.	241
Бузыцкий М.Г.	403	Королева О.В.	89	Позолотина В.Н.	191,193	Чешев В.В.	21
Булаев А.И.	450	Короткевич В.М.	483	Полторская Т.Н.	415	Чомчоев А.И.	277,467
Бурав Ю.В.	478	Коршунов Л.Г.	244	Полухов В.П.	468	Шапокин Б.Ф.	476
Бурцев Н.С.	281	Костеша Н.Я.	410,415,421	Полыков В.И.	223	Шахов Ф.Н.	19
Бушманов А.Ю.	375	Кочман Г.Б.	101,175,456	Попов А.Я.	334	Шареевский Г. Ю.	475
Бяхов С.Б.	476	Кравченко Л.Б.	391	Попов В.К.	298	Шварцов И.В.	228
Васильев К.Ф.	282	Кретак А.С.	282	Попов В.Л.	254	Шварцкоп В.П.	296
Васильева А.Н.	424	Кривоша Н.А.	459	Попов Ю.П.	212	Швиллов А.Е.	300
Васильева О.А.	321,371	Кропачев С.С.	170	Попова Л.В.	298	Штокман О.А.	362
Васильева Т.Н.	337	Кудряков К.Г.	480	Поровский Я.В.	369	Щербов Е.Л.	259,263
Вахрамеев Г.С.	450	Кудряк К.Ю.	93	Поцелуев А.А.	104,145	Юшков Г.И.	193
Вернадский В.И.	11	Кузнецов А.Г.	221,223	Прокопьев В.Е.	447	Яцков В.Г.	135
Вершин Е.Г.	296,441,444	Кузнецов А.Ф.	453,455	Прочан О.А.	391	Яцков Е.Г.	155,313
Волжов А.В.	199	Кунцедова Т.И.	363,368	Пузырев Ю.М.	73,78,475	Яцковская А.Е.	490
Волкова Е.М.	371	Кузьмина В.В.	241	Пулыкина С.В.	394	Ярмошенко И.В.	199
Воскресенский В.В.	293	Кузнецов Н.А.	152	Пшеничных А.Я.	407	Яшин Б.А.	456
Вуд С.А.	494	Кузнецов Н.В.	196	Резаев А.Г.	482	Ямочев В.А.	207
Вымятина Э.К.	415	Куранов Б.Д.	388	Резчиков В.И.	441,462,464		
Высокоостровская Е.Б.	117	Кураева В.Н.	388	Рисаков Д.П.	24,61,82,89,104,188,207,270,308,313		
Гавшин В.М.	97,131,235	Куркина С.В.	241	Рогозин Е.А.	321,356		
Гальцова В.В.	207	Кюри М.	9	Романенко И.В.	424		
Гарбуз Л.А.	325,328	Ластов А.И.	477	Романов А.М.	302		
Герасимов А.Д.	456	Лебедев В.Л.	259	Романова Т.И.	124		
Герасимов И.А.	468	Лебедева Н.А.	472	Рупкин М.Г.	298		
Герасимов Ю.С.	290	Лешинский В.М.	86,444,462	Рыбка В.И.	370		
Герих Л.Ю.	472	Леонов В.П.	426,488	Рыжков В.А.	480		
Гертнер И.Ф.	115	Леонов И.Е.	244	Савельев С.В.	388		
Глебова Г.А.	167	Легов В.Н.	355	Салеев А.А.	188,325		
Глухов Г.Г.	167,462,464,488	Лисина А.В.	124	Сальников В.Н.	164,471		
Горенянский В.В.	164	Лозовский И.Т.	24	Сандилов И.В.	95		
Гречинцев О.К.	149	Логухова В.В.	415,418	Сафин Б.Р.	477		
Гужилова Е.Е.	352	Лосева Э.В.	124	Сафионов Ю.Н.	250		
Гуреев С.П.	450	Лось И.П.	403	Сафинова Т.В.	375		
Гуреева Л.С.	43	Лукашевич О.Д.	298	Семечко Е.Н.	483,484		
Гусев Ю.П.	244	Лукьянцев М.В.	268	Семечков С.Ю.	293		
Дедов Н.В.	476	Лучина Е.Л.	302	Серов А.В.	468		
Дедова Л.И.	228	Львов А.Г.	203	Сиваченко В.Н.	328		
Дельвин Н.Н.	183	Льготин В.А.	296	Сигалин Б.П.	480		
Демчук В.В.	403	Лищенко Н.Г.	212	Сиваркин Ю.А.	296		
Джумаев Н.	451,452	Магдесян А.Л.	468	Сивачева Е.В.	391		
Дмитреева Н.Г.	384,459	Мазуров М.П.	160	Сивачевой В.В.	218		
Дмитриев Б.С.	469	Максимов Н.М.	298	Ситникова С.Г.	400		
Долгов И.В.	164	Малевич Л.В.	228	Скороходова М.Г.	391		
Домаренко В.А.	241	Малевский А.Л.	228	Скуридин В.С.	488		
Дуброва Н.А.	394	Маликов Ю.И.	263	Смагулов С.Г.	459		
Дудко Т.М.	378	Маликова И.Н.	235,238	Сметанина И.Б.	124		
Дугова Е.М.	124	Мальцев Ю.М.	241	Смирновский Л.Н.	433		
Дучков А. Д.	73	Марков Г.П.	469,471	Соболев И.С.	306		
Дьяченко Г.И.	139	Матковская Т.В.	342,347,353	Советова В.И.	355		
Евстигнева В.В.	268	Матюха В.А.	477,478	Соловьиных Т.В.	337		
Евдоким А.А.	199	Мельникова В.И.	244	Соловьев А.И.	476		
Ев Э.	452	Мельников М. С.	152	Стародумов В.П.	477		
Ерещенко А.Н.	254	Мельников С.В.	152,475	Степан А.С.	238,247		
Ермолаев Н.П.	112,116	Мельников Н.В.	145	Стоилова И.Я.	428		
Ершов В.В.	82,104,306	Мерляков А.Л.	282	Страховенко В.Д.	259,263		
Жданов В.В.	391	Меркулов В.Г.	462,464	Судыко А.Ф.	441		
Жиганов А.Н.	483,484	Мищенко Т.Ю.	398, 406	Суслов В.П.	187		
Жидков В.В.	300	Мяков О.А.	474	Суслов А.И.	447		
Житков А.С.	75	Михуленко К.И.	467	Суханова Г.А.	344,347,350		
Жомдик А.С.	127	Миронов А.Г.	435	Сухов С.А.	456		
Жомдик С.М.	127,486	Мисайлов А.В.	298	Сухоручков Ф.В.	232,235		
Задорин Д.И.	143	Мисайлова Н.А.	483	Сучкова Н.Г.	391		
Замараев Л.К.	167	Мисайловская Л.Н.	193	Сытан А.Г.	46,47		
Зеневич М.В.	328	Монсеев Б.М.	433	Сытына О.А.	46,47		
Зубков А.А.	478,483,484	Молокозедов А.М.	255	Тарасенко И.Г.	115		
Зубков Ю.Г.	188	Молчанова И.В.	193	Тарасенко Т.А.	371		
Зубов Е.В.	212	Монингер Г.Г.	164	Терстеева Г.Г.	371		
Зуев В.А.	120	Москвитина Н.С.	388,391	Тетенов К.Ф.	369		
Зуева Т.В.	344,347	Масляков А.А.	244	Тягунов Ю.В.	90		
Иванов А.Б.	183,290,469	Назаренко С.Ю.	476	Тягущин К.В.	467		

## СОДЕРЖАНИЕ

## РАЗДЕЛ "ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОСТИ"

Беккерель А.-А. О НОВОМ СВОЙСТВЕ МАТЕРИИ, НАЗЫВАЕМОМ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ.....	7
Мария Кюри ОТКРЫТИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	9
Вернадский В.И. ЗАДАЧИ ДНЯ В ОБЛАСТИ РАДИЯ.....	11
Обручев В.А. ИЩТЕ РАДИЙ.....	14
Алексеев Д.В. ЗАМЕТКИ О РАДИИ И РАДИОАКТИВНОСТИ.....	16
Шахов Ф.Н. УРАН, РАДИЙ И ТОРИЙ.....	19
Чешев В.В. ОТКРЫТИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ И ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ПОЗНАНИЕ.....	21
Лозовский И.Т., Рихванов Л.П. У ИСТОКОВ ИЗУЧЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИБИРИ.....	24
Федосов Ю.Г. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЦИКЛЫ. ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА.....	34
Летов В.Н. ИМЕЕТ ЛИ БУДУЩЕЕ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА?.....	35
Коняшкин В.А. ДЕЛЯЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ (НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОЦИАЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ХОЛОДНОЙ ВОЙНЫ).....	39
Гурьева Л.С. ОБЩЕСТВЕННОЕ МНЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ О ФАКТОРАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В ТОМСКОЙ БЛАСТИ.....	43
Сытина О.А., Сытин А.Г. ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗОНЫ ВЫСОКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ, КОНЦЕПЦИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО - ФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.....	46
Сытин А.Г., Сытина О.А. ГИПОТЕЗА СУЩЕСТВОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ, СОПОСТАВЛЕНИЕ С ФАКТАМИ.....	47

## РАЗДЕЛ "РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЗЕМНОЙ КОРЕ"

Наумов Г.Б., Омельяненко Б.И. РАДИОГЕОЛОГИЯ В РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ.....	51
Ножкин А.Д. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ.....	55
Нартиков В. Д. ГЕОХИМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИТОСФЕРЕ (ПО ДАННЫМ СВЕРХГЛУБОКИХ СКВАЖИН).....	59
Рихванов Л.П. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ.....	61
Ножкин А.Д., Туркина О.М. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РАДИОГЕННОЕ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ КОРЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	69
Пузанков Ю.М., Дучков А.Д. РАДИОГЕННАЯ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИЯ В ЗЕМНОЙ КОРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ.....	73
Житков А.С. УРАН, ТОРИЙ И КАЛИЙ В ВУЛКАНИТАХ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ ОСТРОВНЫХ ДУГ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА ТИХОГО ОКЕАНА.....	75
Пузанков Ю.М. РАДИОГЕОХИМИЯ ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИХ И КАЙНОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ.....	78
Ершов В.В., Рихванов Л.П. РАДИОАКТИВНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОИДАХ ЮГА СИБИРИ.....	82
Арбузов С.И., Левинский В.М. СРАВНИТЕЛЬНАЯ РАДИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНИТОИДОВ САЯНСКОГО И ТАРАКСКОГО КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	86
Королева О.В., Рихванов Л.П. РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНЦОНИТОИДОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	89
Тихунов Ю.В. РАДИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КАЛУГИНСКОГО МАССИВА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ).....	90
Кудрин К. Ю. РАДИОАКТИВНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОДАХ ЗНАМЕНИТИНСКОЙ ПЛОЩАДИ В КУЗНЕЦКОМ АЛАТАУ.....	93
Пампура В.Д., Сандимиров И.В. УРАН И ТОРИЙ - РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОВРЕМЕННОЙ И ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ ОЗ. БАЙКАЛ.....	95
Гавшин В.М. ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И РАДИАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ.....	97
Кочкин Г.Б. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРАНОСНЫХ ТОРФЯНИКОВ.....	101
Рихванов Л.П., Арбузов С. И., Ершов В.В., Поцелуев А.А. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЯХ.....	104
Игнатов П.И. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОССБАССА.....	109
Ермолаев Н.П. ЗАКОНОМЕРНОЕ ПЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАСШТАБАХ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИ ПРОЦЕССАХ РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА И УЛЬТРАМЕТАМОРФИЗМА ГОРНЫХ ПОРОД.....	112
Гертнер И.Ф., Чернышов А.И., Бегхер О.В., Тарасенко И.Г. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ (ПО ДАННЫМ АВТОРАДИОГРАФИИ).....	115
Ермолаев Н.П. ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРИГРАНИТНЫХ ЭКЗОКОНТАКТОВЫХ ЗОН.....	116
Зуев В.А. УРАН В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ГЕОХИМИЯ И ТЕХНОГЕНЕЗ.....	120
Копылова Ю.Г., Лосева З.В., Дутова Е.М., Лисина А.В., Сметанна И.В., Романова Т.И. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ УРАНА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	124
Жмодик С.М., Жмодик А.С., Акимцев В.А. УРАНОВАЯ АНОМАЛИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ИЗМЕНЕННЫХ БАЗАЛЬТАХ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА.....	127
Гавшин В.М. ОТКРЫТИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА В СССР КАК ИСТОРИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН.....	131
Язиков В.Г. МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	135
Дьяченко Г.И. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИХ СВЯЗИ С ДИСПИПАТИВНЫМИ СТРУКТУРАМИ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ.....	139
Аншырев А.А., Комарницкий Г.М. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ И СРЕДНЕЙ СИБИРИ.....	141
Поцелуев А.А., Арбузов С.И., Задорин Л.И., Баженов М.И., Мельников Н.В. РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЗОНАЛЬНОСТЬ МАЛИНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА.....	145
Гречищев О. К. УРАН В РУДАХ УЛУГ-ТАНЗЕКСКОГО РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	149
Кулик Н.А., Мельгунов С.В., Мельгунов М.С. МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГА ТУВЫ И СООТНОШЕНИЕ В НИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ (РЗЭ) И РАДИОАКТИВНЫХ (РАЭ) ЭЛЕМЕНТОВ.....	152
Язиков Е.Г. СОДЕРЖАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВО ФЛЮОРИТЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЕРМАНИИ И СТРАН МИРА.....	155
Мазуров М.П., Бобров В.А., Боброва Н.В. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ СКАРНОВО - МАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	160
Сальников В.Н., Монингер Г.Г., Коровкин М.В., Горинский В.В., Долгов И.В., Токаренко Г.Г. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КВАРЦИТАХ АНТОНОВСКОГО РУДНИКА И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ.....	164
Глобова Г.А., Глухов Г.Г., Замараев Д.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ АЙДАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО РАДИАЦИОННОМУ ПРИЗНАКУ.....	167
Кропанин С.С. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РУДНЫХ МИНЕРАЛАХ ЦИРКОН-ИЛЬМЕНИТОВЫХ РОССЫПЕЙ.....	170

РАЗДЕЛ "РАДИОЭКОЛОГИЯ, ОБЩИЕ ВОПРОСЫ, ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИЙ"

Кочкин Г.Б. О СИСТЕМАТИЗАЦИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТАКСОНОВ И ИХ ТИПИЗАЦИИ.....	175
Высокоостровская Е.Б., Краснов А.И., Смыслов А.А. КАРТА РАДИАЦИОННЫХ ДОЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	177
Титаева Н.А. ТЯЖЕЛЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ КАК ИНДИКАТОРЫ МИГРАЦИИ В ПРИРОДНОЙ И АНТРОПОГЕННОЙ СРЕДЕ.....	180
Носов А.В., Иванов А.Б., Дельвин Н.Н. ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРИТИЯ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ И ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	183
Суслин В.П. ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ "ГОРЯЧИХ ЧАСТИЦ".....	187
Рихванов Л.П., Зубков Ю.Г., Салеев А.А. "ГОРЯЧИЕ ЧАСТИЦЫ" - КАК РАДИАЦИОННО ОПАСНЫЙ ФАКТОР В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА.....	188
Трапезников А.В., А.Ааркорг. Позолотина В.Н., С.П.Нильсен, Трапезникова В.Н. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕК ТВЧА-ИСЕТЬ-ТОБОЛ.....	191
Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Михайловская Л.Н., Юшков П.И. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕК ТЕЧИ И ИСЕТИ.....	193
Трапезников А.В., Чеботина М.Я., Трапезникова В.Н., Куликов Н.В. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БЕЛОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА-ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ АТОМНОЙ СТАНЦИИ.....	196
Ярмошенко И.В., Екидин А.А., Вожаков А.В. ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕОСТОРОЖНОГО ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМ СЫРЬЕМ НА УРАЛЕ.....	199
Игнатов П.А., Лыхин А.Г. РАДИОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	203
Адам А.М., Гальцова В.В., Рихванов Л.П., Аринчин С.А., Идмичев В.Ф., Киселев В.Н., Петрик А.И., Удолов Ю.Н., Яценев В.А., Бакунин В.А. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИЙ, НА КОТОРЫХ РАСПОЛОЖЕНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА.....	207
Пахомов В.Г., Попов Ю.П., Зубов Е.В., Лященко Н.Г. РАДИОАКТИВНОЕ ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ПРОБЛЕМА РАДОНА ЮГА СИБИРИ.....	212
Черняго Б.П., Непомнящих А.И., Пампура В.Д. ТОРОН И РАДОН В ПОЧВАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	216
Синицкий В.В., Непомнящих А.И., Чернов В.В., Бабанов Ф.А. ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	218
Кузнецов А.Г., Угаров В.А. СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ РАДИАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ АЭРОИОНАМИ.....	221
Поляков В.И. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ.....	223
Кузнецов А.Г., Угаров В.А. ПРОБЛЕМА РАДОНООПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ.....	223
Бачурин Б.А. ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ: РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ.....	225
Непомнящих А.И., Удолов Ю.Н., Шивторов И.В., Пампура В.Д., Черняго Б.П., Малевич Л.В., Малевский А.Л., Дедова Л.И. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА.....	228
Сухоруков Ф.В. ПРОБЛЕМЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ГЛОБАЛЬНЫЙ ФОН, ЛОКАЛЬНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ).....	232
Сухоруков Ф.В., Гавшин В.М., Маликова И.Н., Ковалев С.И. РАДИОЦЕЗИЙ И СТРОНЦИЙ-90 В КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЛТАЙСКОГО РЕГИОНА.....	235
Ковалев С.И., Маликова И.Н., Бадмаева Ж.О., Степин А.С. <sup>137</sup> CS КАК ИНДИКАТОР ВЫПАДЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ АЛТАЯ).....	238
Кузьмин В.В., Домаренко В.А., Куркатов С.В., Коваленко В.В., Мальцев Ю.М., Четкин В.А., Чесноков Б.П. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДОНОНОСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ.....	241
Коваль П.В., Медведев В.И., Гусев Ю.П., Мясников А.А., Ковешников А.М., Коршунов Л.Г., Леонов И.Е., Фалилеев А.Н. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ.....	244
Цибудьчик В.М., Степин А.С. ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ И <sup>137</sup> CS В ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	247
Алукер Н.Л., Алукер Э.Д., Сафонов Ю.Н. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В КУЗБАССЕ.....	250
Алукер Н.Л., Кайдалова Ю.В., Еременко А.Н., Попов В.Л. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК В Г. КЕМЕРОВО.....	254
Комаринский Г.М., Молокозедов А.М. ПРИРОДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ МИНУСИНСКОГО МЕЖГОРНОГО ПРОГИБА.....	255
Щербов Б.Л., Лебедев В.Л., Страховенко В.Д., Орлова С.В., Колмогорова М.Г. ЦЕЗИЙ-137 И ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ТУВЫ.....	259
Щербов Б.Л., Маликов Ю.И., Страховенко В.Д., Орлова С.В., Колмогорова М.Г. ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР В РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	263
Тупиков Б.П., Евстигнеев В.В., Лукьянцева М.В., Бойко В.И. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ОТ ВЗРЫВА, ПРОИЗВЕДЕННОГО 29.08.49 г. НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ.....	268
Рихванов Л.П. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ ОБЬ.....	270
Тимофеев В.А. ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ВНИСВЙ.....	276
Чомчоев А.И. РАДИАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	277
Бурцев И.С., Колодезникова Е.Н. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТАХ АВАРИЙНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ "КРАТОН-3" И "КРИСТАЛЛ" В МИРНСКОМ УЛУСЕ РЕСПУБЛИКИ САХА.....	281
Васильев К.Ф., Мерзляков А.Л., Крепак А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РИСК-МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗОНЕ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.....	282
Иванов А.Б., Герасимов Ю.С., Носов А.В. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ г.ТОМСК-7 ПОСЛЕ АВАРИИ НА СХК.....	290
Воскресенский В.В., Семенов С.Ю. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.....	293
Вергман Е.Г., Лыготин В.А., Шинкаренко В.П., Плевако Г.Л., Сихерин Ю.А. ИЗУЧЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОБЬ-ТОМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА 1995 ГОДА.....	296
Попов В.К., Лукашевич О.Д., Попова Л.В., Коробкин В.А., Максимова Н.М., Кадесников А.П., Михайлов А.В., Рутман М.Г. ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ТОМСКА И Г. СЕВЕРСКА ВБЛИЗИ ХРАНИЛИЩ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	298
Жидков В.В., Шишлов А.Е. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВ ПО ВЫПУСКУ ОРУЖЕЙНОГО ПЛУТОНИЯ НА ГХК. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	300
Фильцев Ю.Н., Конев Г.И., Романов А.М., Байтурсунов Ж.Ж., Лучина Е.Л. РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗАВОДА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УРАНОВЫХ РУД.....	302

Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Соболев И.С. ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕРЬ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОЗОЛЕНИИ УГЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ.....	306
Рихванов Л.П. УРАН И ТОРИЙ В ПОЧВАХ.....	308
Язников Е.Г., Рихванов Л.П. СОДЕРЖАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ СНЕГОВОГО ПОКРОВА РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	313
<b>РАЗДЕЛ "МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЯВЛЕНИЕМ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ"</b>	
Балашева И.И. ЧАСТОТА И ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ЛЕЙКОЗА У ДЕТЕЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНОМ РЕГИОНЕ СИБИРИ.....	319
Ильинских Н.Н., Васильева О.А., Найденова Н.Н., Иванчук И.И., Рогозин Е.А. АНАЛИЗ ЭКСЦИЗИОННОЙ ДНК-РЕПАРАЦИИ, УРОВНЯ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИНТЕРФЕРОНОГЕНЕЗА В КРОВИ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СХК.....	321
Салеев А.А., Гарбуз Л.А. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПРОГНОЗЫ.....	325
Сиваченко В.Н., Зеневиц М.В., Гарбуз Л.А. МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИИ И ЕЕ СТРУКТУРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.....	328
Алексеева А.И., Платонова Н.С. МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	331
Попов А.Я. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ г.ТОМСКА.....	334
Соломагина Т.В., Васильева Т.Н. ОНКО-ЭНДОКРИНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНЕ РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	337
Матковская Т.В., Ольховатенко Л.И., Каминская В.П., Богоряд А.В., Хорева С.А., Каминский О.О., Адисева Н.И., Барабаш Н.А., Чекчеева В.Д., Цыганкова М.П., Коровякова Е.В., Панчишина Л.О., Афанасьева Н.В. ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ ИЗ ЗОНЫ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО СЛЕДА.....	342
Суханова Г.А., Федотова Т.В., Цыганкова М.П., Чекчеева В.Д., Петровская Ю.А., Зуева Т.В. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС У ДЕТЕЙ ИЗ РАЙОНОВ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	344
Чекчеева В.Д., Матковская Т.В., Суханова Г.А., Федотова Т.В., Афанасьева Н.В., Зуева Т.В. ЗДОРОВЬЕ И ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТСПОСОБНОСТЬ ДЕТЕЙ, ЖИВУЩИХ В ЗОНЕ РАДИАЦИОННОГО ХИМИЧЕСКОГО СЛЕДА.....	347
Цыганкова М.П., Матковская Т.В., Суханова Г.А. СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН НОВОРОЖДЕННЫХ В ЗОНАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ.....	350
Каминский О.О., Гужихина Е.Е., Каминская В.П. КЛИНИКО-ГОРМОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ДЕТЕЙ ИЗ ЗОНЫ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО СЛЕДА.....	352
Матковская Т.В., Цыганкова М.П., Советова В.И., Афанасьева Н.В. ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ЖЕЛТУХ НОВОРОЖДЕННЫХ ИЗ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ.....	355
Ильинских Н.Н., Иванчук И.И., Рогозин Е.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА У ЛИЦ ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.....	356
Исаева Т.М., Шугова О.А., Уразова Л.Н., Кузнецова Т.И., Плотникова Н.Н., Ильинских Н.Н. ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ.....	363
Тетевев К.Ф., Пороховский Я.В. МЕХАНИКА ДЫХАНИЯ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ.....	369
Рыбка В.И. ВАКЦИНАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС И ИММУНИТЕТ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ СХК.....	370
Васильева О.А., Балашева И.И., Терентьева Г.Г., Волкова Е.М., Найденова Н.Н., Тарасенко Т.А. ХАРАКТЕРИСТИКА ИММУННОГО СТАТУСА У ШКОЛЬНИКОВ г.СЕВЕРСКА.....	371
Бушманов А.Ю., Сафонова Т.В., Ангухова О.М., Овсянникова О.Ю. ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ЛИЦ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА.....	375
Нарзулаев С.Б., Филиппов Г.П., Капилевич Л.В., Дудко Т.М. МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.....	378
Нифонтова М.Г. БИОИНДИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ.....	382
Плеханов Г.Ф., Дмитриева Н.Г. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ БИОИНДИКАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СРЕДЫ.....	384
Бондарь Л.М., Частокоренко Л. СУЩЕСТВОВАНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ В 30-ТИ КМ ЗОНЕ СХК.....	387
Савельев С.В., Москвитина Н.С., Куранов Б.Д., Куранова В.Н. НАРУШЕНИЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ПОЗВОНОЧНЫХ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА.....	388
Москвитина Н.С., Бабушкина Н.П., Жданов В.В., Кравченко Л.Б., Скороходова М.Г., Симанина Е.В., Сучкова Н.Г., Падеров Ю.М., Прочан О.А., Хиусов И.А. НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ.....	391
Цитленок С.И., Козлова А.А., Пулькина С.В., Дуброва Н.А. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ЛУКА.....	394
Оборин А.А., Кашеварова Н.М. ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ.....	397
Мизина Т.Ю. АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ.....	398
Ситникова С.Г., Мизина Т.Ю. РЕАКЦИЯ ЩИТОВИДНОЙ И ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОЙ ДОЗЫ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ.....	400
Бузынный М.Г., Демчук В.В., Лось И.П., Несветайло В.Д. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ <sup>90</sup> Sr В ДРЕВЕСИНЕ.....	403
Банасева Ю.А., Пшеничкин А.Я. РАДИОАКТИВНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ШЛЕМНИКЕ БАЙКАЛЬСКОМ.....	407
Костеша Н.Я. ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИХТОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА В РАДИАЦИОННО НАПРЯЖЕННЫХ РАЙОНАХ.....	410
Вымятнина З.К., Лопухова В.В., Костеша Н.Я., Полгорацкая Т.Н. ВЛИЯНИЕ ХВОЙНОГО ЭКСТРАКТА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ НА СИСТЕМУ КРОВИ ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС.....	415
Филлипова Е.А., Лопухова В.В. ВЛИЯНИЕ ПИХТОВОГО ЭКСТРАКТА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НАДПОЧЕЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС.....	418
Тухватгулин Р.Т., Костеша Н.Я., Аносова Н.В., Новикова Л. К. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ОБРАТИМОЙ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ.....	421
Романенко И.В., Васильева А.Н. МИКРОБНАЯ ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ "АТМОСФЕРА-ФИЛЛОСФЕРА-ПОЧВА" В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА.....	424

Леонов В.П. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ИММУННЫЙ СТАТУС У ПРОФЕССИОНАЛОВ.....	426
Стоянова И.Я. СОЦИАЛЬНО-РОЛЕВЫЕ ПОЗИЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ФАКТОРА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ.....	428
<b>РАЗДЕЛ "МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МОНИТОРИНГ"</b>	
Смирнин Л.Н., Федосеев Г.А., Моисеев Б.М. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ ЭПР-МЕТРИИ ЭМАЛИ ЗУБОВ.....	433
Миронов А.Г. АВТОРАДИОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД В ИЗУЧЕНИИ РАДИОАКТИВНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	435
Бобров В. А. ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ ОСКОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ УРАНА.....	437
Вертман Е.Г., Судыко А.Ф., Резчиков В.И. МЕТРОЛОГИЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО И НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО МЕТОДОВ АНАЛИЗА РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	441
Левицкий В.М., Вертман Е.Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА МЕТОДОМ ЗАПАЗДЫВАЮЩИХ НЕЙТРОНОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	444
Прокопьев В.Е., Суслов А.И. ОПТИЧЕСКИЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ СПЕКТРОАНАЛИЗАТОР ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ УРАНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.....	447
Булиаев А.И., Вахрамеев Г.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ УРАНА ПО ИЗЛУЧЕНИЮ ИЗОТОПА ТН-234 С ПОМОЩЬЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ.....	450
Kadyrova M., Jumaev N., Usmanova M.M. НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И ТИТАНА В СРЕДНЕАЗИАТСКОМ КАОЛИНЕ.....	451
En Z., Jumaev N., Usmanova M.M. DETERMINATION OF URANIUM IN PHOSPHORIC ACID AND PHOSPHORUS FERTILIZER.....	452
Кузнецов А.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРА ОТ МОНОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА В ОБЛАСТИ ПИКА ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ.....	453
Кузнецов А.Ф. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ПО ИСТОЧНИКАМ ИЗЛУЧЕНИЯ ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ОТ ЕРН И Cs-137.....	455
Кочкин Г.Б., Сухов С.А., Яшин Б.А., Гедеев А.Д., Петров Е.Р. КОСМОДЕШИФИРОВАНИЕ ПРИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕКОТОРЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ.....	456
Тухватулин Р. Т., Гуреев С. П., Аносова Н. В., Кривова Н. А., Дмитриева Н. Г., Смагулов С. Г. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: К ПРОБЛЕМЕ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА.....	459
Меркулов В.Г., Глухов Г.Г., Резчиков В.Н., Левицкий В.М. ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА В ЗОНЕ СЛЕДА АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА.....	462
Меркулов В.Г., Глухов Г.Г., Резчиков В.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЕАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	464
Микуленко К.И., Тимиршин К.В., Чомчоев А.И. ВОЗМОЖНЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ С ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ.....	467
Тугаенко В.Ю., Герасимов И.А., Магдесьян А.Л., Полуэктов В.П., Серов А.В. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ.....	468
Бегун Э. Я., Дмитриев Е. С., Иванов А. Б., Марков Г. П. АНОМАЛИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	469
Марков Г.П. НИЗКОЧАСТОТНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ГЕНЕРИРУЕМОЕ ПРИ ЯДЕРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ.....	471
Сальников В. Н. РАДИАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД, ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ.....	471
Коровкин М.В., Герих Л.Ю., Лебедева Н.А., Барский А.М. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАЙОНАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ МЕТОДАМИ РАДИАЦИОННОЙ МИНЕРАЛОГИИ.....	472
Миков О.А. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	474
Ковалев В.П., Мельгунов С.В., Пузанков Ю.М., Шведенков Г.Ю. ТЕХНОЛОГИИ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ЭКОБЕЗОПАСНОЙ КОНСЕРВАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В АЛЮМОСИЛИКАТНОМ ВЕЩЕСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ РАЗНОГО ТИПА.....	475
Дедов Н.В., Назаренко С.Ю., Соловьев А.И., Бяков С.Н., Шашкин Б.Ф. ЛЕГКОПЛАВКОЕ СТЕКЛО ДЛЯ ФИКСАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	476
Белов В.А., Матюха В.А., Сафин Б.Р., Стародумов В.П., Чапайкина Р.А., Ластов А.И., Коновалов Э.Е., Нерозин Н.А., Цыкунов И.В. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ИЛОВ ОТКРЫТЫХ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	477
Балахонов В.Г., Буров Ю.В., Зубков А.А., Матюха В.А., Каймин Е.П. ПОВЕДЕНИЕ ТОРИЯ В ПЛАСТЕ-КОЛЛЕКТОРЕ ПРИ ГЛУБИННОМ ЗАХОРОНЕНИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	478
Носухин А.В., Кудянов К.Г., Сигаев Б.П. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.....	480
Рыжков В.А. ПОЛУЧЕНИЕ ПУЧКОВ РАДИОАКТИВНЫХ ИОНОВ НА КЛАССИЧЕСКОМ ЦИКЛОТРОНЕ У-120 ЗА СЧЕТ НЕУПРУГОЙ ОТДАЧИ ИЗ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ, ВОЗБУЖДАЕМЫХ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ.....	480
Ревенко А.Г. ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ Fe55, Cd109 и Am241 ПРИ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ АНАЛИЗЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ.....	482
Короткевич В.М., Зубков А.А., Михайлова Н.А., Семенов Е.Н., Жиганов А.Н., Носков М.Д. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕЖФАЗНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ "РАСТВОР-ВОЗДУХ".....	483
Носков М.Д., Жиганов А.Н., Истомин А.Д., Зубков А.А., Семенов Е.Н. СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ.....	484
Жмодик С.М., Павлов А.Л. ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПОВ В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГАЗОВОГО ТРАНСПОРТА БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С ХЛОРОМ.....	486
Скуридин В.С., Глухов Г.Г., Паутов В.Г., Комов А.И. ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ. ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	488
Леонов В.П. СТАТИСТИКА В РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИИ (АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ 1993 - 1995г.)......	488
Янковская А.Е. О ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	490
Островский Ю.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	492
Колонин Г.Р. ОКСАЛАТЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ФОРМА ЗАХОРОНЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ НУКЛИДОВ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ ВЫСОКОГО УРОВНЯ АКТИВНОСТИ.....	492
Колонин Г.Р. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНТАНИДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОВЕДЕНИЯ АКТИНОВ В ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	493
Колонин Г.Р., Вуд С.А. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ МАСШТАБОВ МИГРАЦИИ АКТИНИДОВ И ДРУГИХ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ИЗ МЕСТ ЗАХОРОНЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	494

# РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Редакционная коллегия сборника:

А.М. Адам, В.В. Гальцова, Л.П. Рихванов, В.В. Ершов, В.М. Советов,  
С.И. Арбузов, А.А. Поцелуев, Е.Г. Языков, Н.С. Москвитина, А.А. Салеев

Совет редколлегии

В.М. Гавшин, Г.Б. Наумов, А.Г. Миронов, В.И. Подкатов, Н.Е. Родионов

Ответственный редактор Л.П.Рихванов

Технические редакторы: Н.Я. Горбунова  
Р.Д. Игнатова

Компьютерное макетирование и набор текста:  
М.Р. Авакян, В.В. Ершов, И.Н. Найбауэр, О.А. Миков

Автор эскиза эмблемы конференции Д.И. Быстров

Обложка и переплёт выполнен фирмой "Протей"

16.05.96  
Подписано к печати 07.05.96.  
Формат 60\*84/8. Бумага писчая №1.  
Плоская печать. Усл. печ. л. 58,1. Уч.- изд. л. ~~52,6~~  
Тираж 300 экз. Заказ №17. Цена договорная  
ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ №1 от 18.07.94,  
634034, Томск проспект Ленина, 30

200 м  
40  
41,18