

Естественные
радиоактивные элементы

Упрощённая схема рядов распада некоторых естественных радионуклидов

^{238}U	99,27% от всего урана планеты	U^{235}	0,7024% от всего урана планеты	Th^{232}	100% всего элемента планеты
↓	$T^{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет	↓	$T^{1/2} = 7,04 \cdot 10^8$ лет	↓	$T^{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ лет
^{226}Ra	$T^{1/2} = 1622$ лет	^{223}Ra	$T^{1/2} = 11,44$ дня	^{224}Ra	$T^{1/2} = 3,64$ дня
^{222}Rn	газ без цвета и запаха	^{213}Rn	Газ	^{220}Rn	Газ
↓	$T^{1/2} = 3,82$ дня	(An)	$T^{1/2} = 3,96$ сек	(Tn)	$T^{1/2} = 54,5$ сек
^{210}Po	$T^{1/2} = 138,4$ сут.	^{211}Bi	$T^{1/2} = 2,15$ мин	^{212}Bi	$T^{1/2} = 60,6$ мин
^{206}Pb	нерадиоактивен	^{207}Pb	нерадиоактивен	^{208}Pb	нерадиоактивен

Основные альфа - излучатели в рядах:

^{238}U	^{235}U	^{232}Th
^{234}U	^{231}Pa	^{228}Th (Ra, Th)
^{230}Th	^{227}Th	^{224}Ra (ThX)
^{226}Ra	^{223}Ra	^{220}Rn (Tn)
^{222}Rn	^{215}Po	^{216}Po (ThA)
^{210}Po	^{211}Po	^{212}Bi (ThC)
	^{211}Bi	^{212}Po (ThC')

Основные бета - излучатели в рядах:

^{234}Th (UX ₁)	^{231}Th	^{228}Ra (MsThI)
^{234}Pa (UX ₂)	^{227}Ac	^{228}Ac (MsThII)
^{214}Pb (RaB)	^{211}Pb	^{212}Pb (ThB)
^{214}Bi (RaC)	^{207}Tl	^{212}Bi (ThC)
^{210}Bi (RaE)		^{208}Tl (ThC'')

Основные гамма - излучатели в рядах:

^{214}Pb (RaB)	^{228}Ac
^{214}Bi (RaC)	^{228}Th (RaTh)
	^{212}Pb
	^{212}Bi
	^{208}Tl

Источниками радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды естественными радиоактивными элементами могут быть природные образования (месторождения радиоактивных и некоторых других полезных ископаемых, горные породы, содержащие естественные радиоактивные элементы в повышенных количествах, природные воды, в т.ч. в нефтедобывающих районах Западной Сибири, с высокими содержаниями урана и продуктов его распада - радона, радия), а также промышленные предприятия, ведущие добычу и глубокую переработку урановых и некоторых других типов руд; ГРЭС и ТЭЦ, работающие на некоторых типах углей, горючих сланцев, торфов.

Примерами регионов с высокими содержаниями естественных радиоактивных элементов на земном шаре могут служить пляжные пески штата Керала (Индия), которые в специальной литературе получили название месторождений монацитовых песков Траванкор, моноцитосодержащие почвы провинции Гуангдонг (Китай), а так же район Пасус - де – Кальдес, провинции Минас-Жейрас (Бразилия) и некоторые другие участки нашей планеты

Средняя экспозиционная доза гамма - излучения в районе пляжных песков в штате Керала около 150 мкР/ч, а в провинции Гуангонг составляет 3,3 мГр/год (Eisenbud Gesell, 1997).

Высокие содержания естественных радиоактивных элементов в некоторых типах горных пород обуславливают повышенный радиационный фон гамма - излучения в некоторых регионах и странах, например, Франции, Украине, Швеции и др.

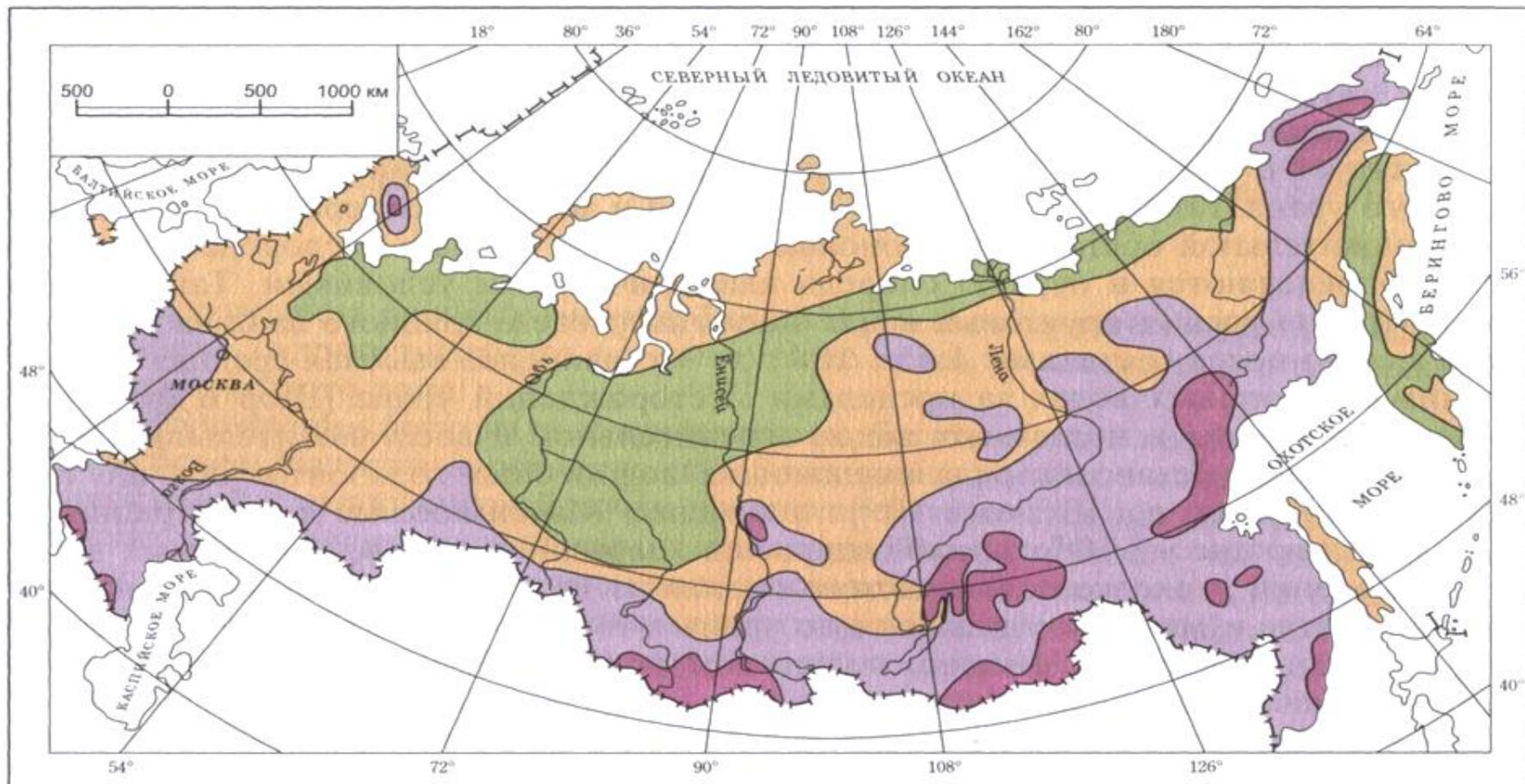


Рис. 3.6. Схема районирования территории России в зависимости от дозы естественного γ -излучения

Зоны природной радиации, 10^{-2} мЗв/год: 1 – пониженной (до 60), 2 – умеренной (до 60÷90), 3 – повышенной (до 90÷135), 4 – высокой (до 135÷500)

Содержание естественных радиоактивных элементов в некоторых типах горных пород и их ориентировочная активность

№ п/п	Порода, регион	Уран, г/т	Торий, г/т	Ориентировочная объёмная активность 1 кг материала, Бк	
				без учёта содержания калия	с учётом содержания калия
1.	Фосфориты штата Флорида (США), Марокко	20 - 120	10 - 30	300 - 450	500 - 750
2.	Фосфориты, битуминозные сланцы Швеции, Русской платформы	150 - 170	5 - 10	1900 - 2050	2200 - 2950
3.	Углеродисто - кремнистые, углеродисто - глинистые сланцы Евразийского континента	30 - 300	15 - 35	460 - 1200	800 - 1500
4.	Битуминозные аргиллиты баженовской свиты, Западная Сибирь	23	8	330 - 350	750 - 800
5.	Кислые вулканиты (липариты и др) некоторых районов Восточного Саяна	17 - 28	46 - 73	460 - 500	1000 - 1500
6.	Фонолиты Италии	20 - 30	60 - 90	570 - 900	1000 - 1500
7.	Гранитоиды Украины	10 - 20	20 - 45	230 - 600	1000 - 2000
8.	Гранитоиды Франции	15 - 20	20 - 45	300 - 600	1000 - 2000
9.	Гранитоиды Макинского массива, Северный Казахстан	7 - 20	30 - 60	250 - 800	1000 - 2000
10.	Нефелиновые сиениты Кольского полуострова	10 - 20	25 - 50	260 - 500	700 - 950

Примечание: норма объёмной активности для строительных материалов, используемых для сооружения жилых зданий ≤ 370 Бк/кг (Временные критерии для принятия решений и организации контроля. Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. - М.: 1990).

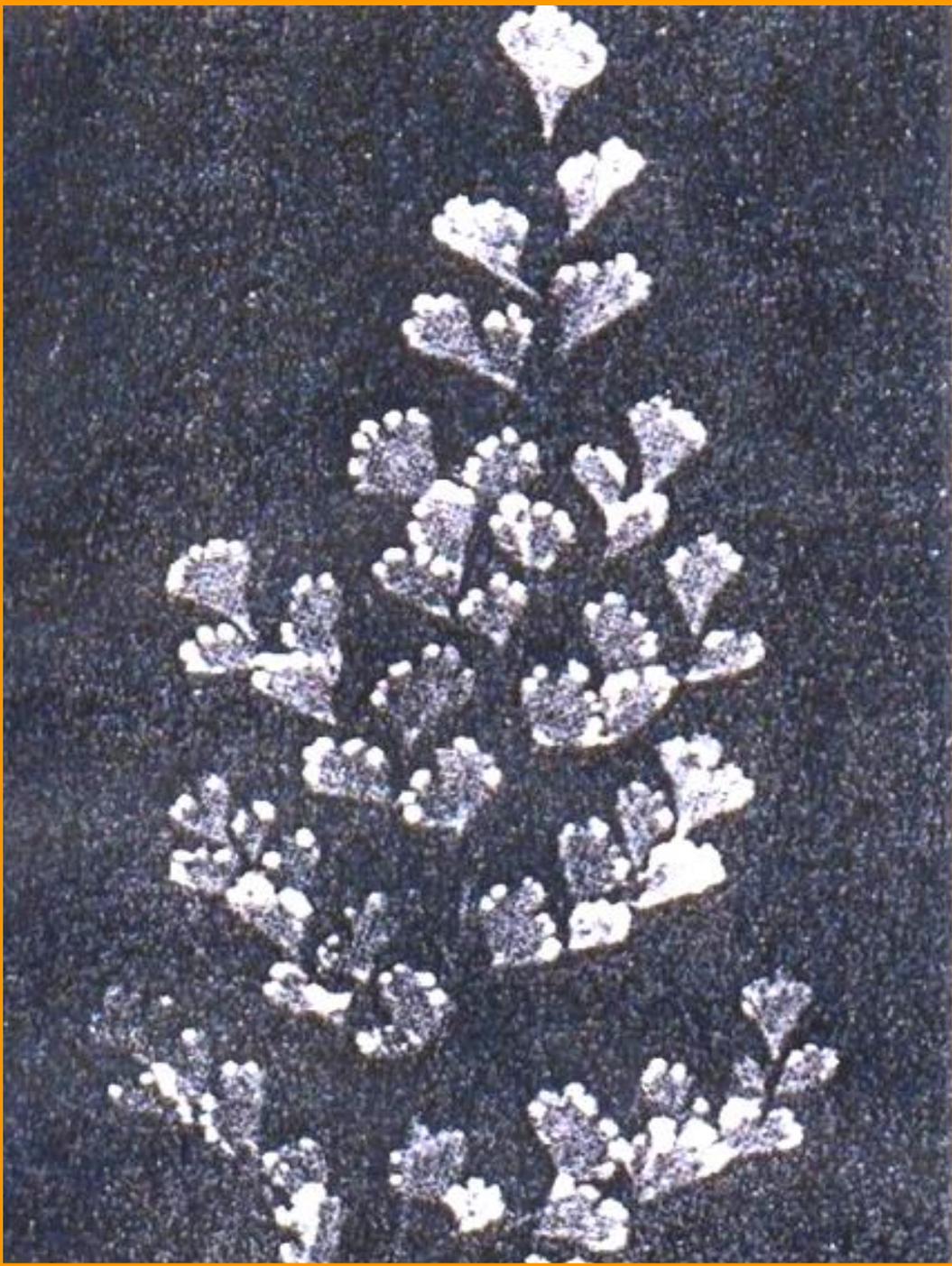
В возникновении аномалий радиоактивности в осадочных толщах исключительную роль играет органическое вещество и в особенности - гуминовые кислоты и близкие к ним по составу и структуре соединения

Вторым по значению агентом, вовлекающим уран в осадочные толщи из природных вод, является фосфат кальция (карбонатфторapatит).

Обогащённость ураном фосфоритов широко известна

Менее значительные аномалии радиоактивности в осадочных толщах связаны с бокситами, несколько обогащёнными и ураном, и торием; калийными солями, в которых полностью определяется калием; некоторыми цеолитами, а также с такими образованиями как ториеносные битумы в песчаниках нефтеносных толщ или с концентрациями радия в травертинах

Следует отметить, что у некоторых животных и растений, обитающих на этих территориях, в различных их органах происходит накопление естественных радионуклидов. Так, доктор Войс на совещании в г. Гомель (1990 г.) сообщал, что от крыс и растений района Пасус-де-Кальдес, провинция Минас-Жейрас (Бразилия), получаются контрастные радиографические отпечатки на фоточувствительных материалах как от растений, так и от мелких животных



Авторадиография растения
Adiantum из района Паус-
де-Кальвас, штат Минас-
Жейрас (Бразилия).

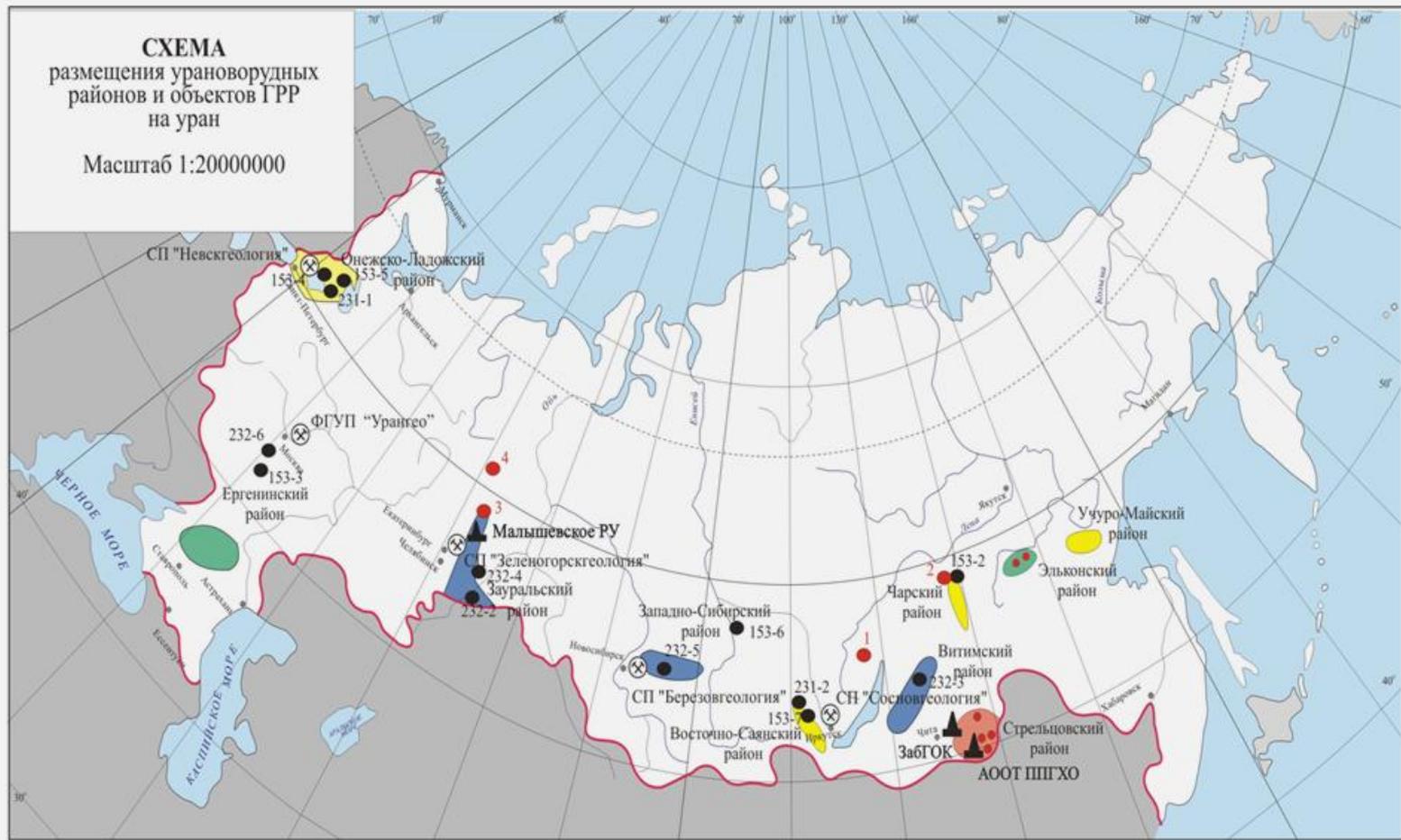
Удельная активность радия - 226 в костях человека

(по Моисееву и др., 1974 с дополнением)

Страна, район, год исследования	Средняя удельная активность, 10^3 пКи/г	Возможная причина повышенных концентраций
Аргентина, 1959	11 - 12	В штате Иллинойс распространены урано- держащие фосфориты и др. месторождения урана
Германия, 1964	13	
Япония, 1959	4	
Англия, 1959	15	
США, 1959 - 1970	5 - 37	
Израиль, 1959	36	Ураноносные фосфориты
Украина, 1968	39	Ураноносные граниты
Индия, штат Керал, 1966	143	Монацитовые россыпи
Город в Средней Азии, 1965	1340	Урановое месторождение, предприятие по переработке урановых руд

СХЕМА
размещения урановорудных
районов и объектов ГРР
на уран

Масштаб 1:20000000



- Эксплуатируемые урановорудные районы
- Резервные урановорудные районы
- Подготавливаемые урановорудные районы с месторождениями под ПВ
- Потенциально урановорудные районы с месторождениями ССН
- Разведанные крупные месторождения урана

- ▲ Горнодобывающие предприятия Минатома РФ
- ⊗ Специализированное на уран федеральное государственное унитарное предприятие "Урангеологоразведка" (ФГУП "Урангео") и его структурные подразделения (СП)
- а** ● Объекты ГРР-2004 на уран: а) переходящие, б) новые (конкурсные)
- б** ● Переходящие объекты пронумерованы по Программе ГРР МПР России. Новые объекты обозначены:
1. Ачитканская пл. 2. Бульбухтинская пл. (Поисково-оценочные работы)
3. Юконская пл. 4. Складчатый Урал (Ляпинский ПУР)

На земной поверхности мало мест (1-2%), где фиксируются высокие содержания радиоактивных элементов (месторождения, горные породы и т.д.) (1-2%)

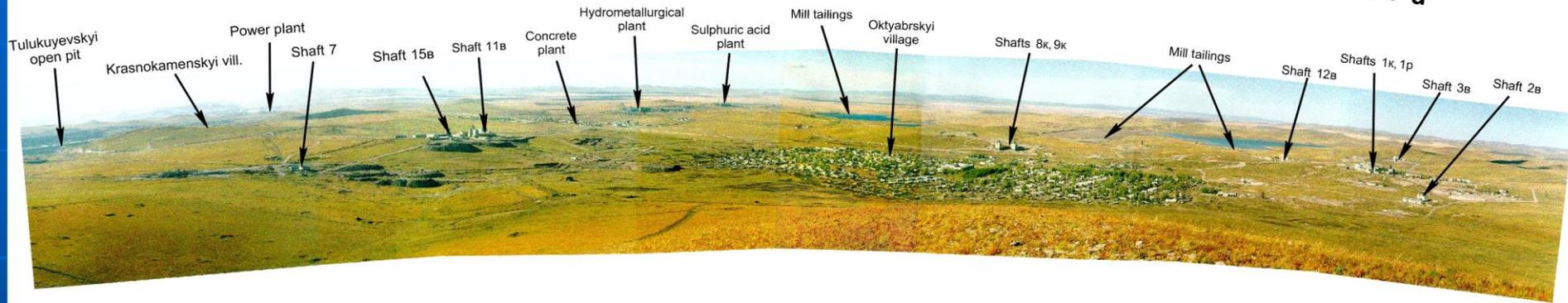
Использование природных материалов (щебень гранита, фосфориты, шлак и т.д.), содержащих высокие концентрации естественных радионуклидов, в качестве строительных материалов, наполнителей бетонов, фосфогипсов и т.д., также приведет к увеличению мощности экспозиционной дозы гамма-излучения внутри сооружений, а также будет основной причиной накопления радона в помещениях.

Ветровой разнос урановой рудной пыли способствует увеличению концентрации урана в аэрозольных фракциях.

Особая опасность от этого вида радиационного загрязнения заключается в том, что уран и многие продукты его распада являются альфа - излучателями, а альфа - излучение, как правило, при обследовании радиационной обстановки не измеряется. Для его измерения необходима специальная аппаратура и специальные методы исследования, в т.ч. метод радиографического анализа.

????????? ?????????? ?????? ??????

Panorama of the Streltsovskoye uranium ore field

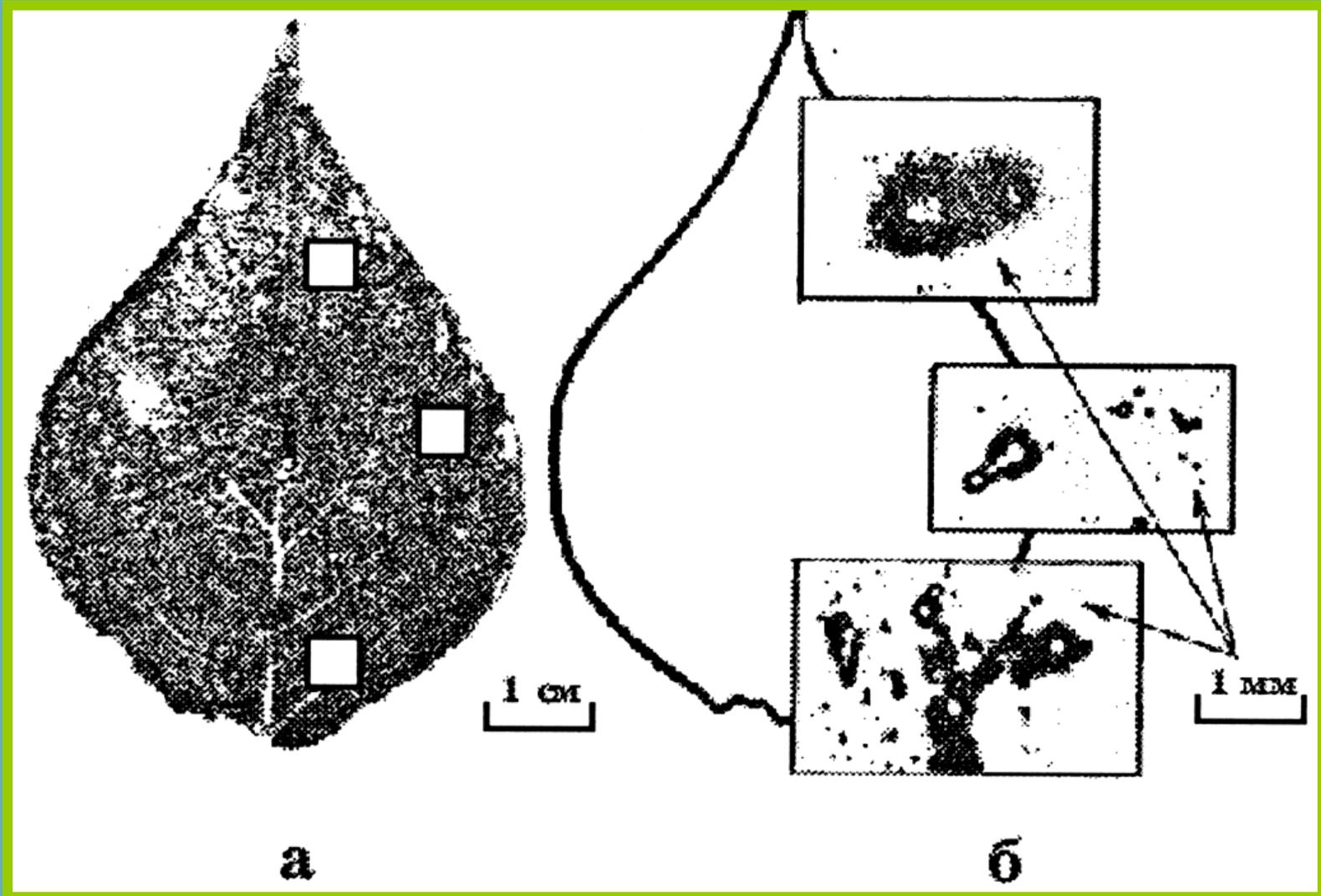


Location of the Streltsovskoye uranium ore field (SUOF)



Tulukuyev open pit





Распределение урана в листе тополя, произраставшего в 20 км от уранового месторождения: **а** – лист тополя, **б** – детектор (по И.Г.Берзиной и др., 1993)

При использовании минеральных удобрений может возникнуть радиационно-опасный фактор в виде внешнего гамма- и бета- излучения и пылевого аэрозоля.

Это касается тех случаев, когда ведутся работы с хлористым калием, в котором, в силу естественных причин, находится радиоактивный изотоп калий - 40, на долю которого приходится около 0,012% от всего количества калия.

Радиационное загрязнение природной среды и возникновение опасной радиационной обстановки может быть связано с присутствием естественных радиоактивных элементов (уран, торий, калий) и продуктов их распада в технических, пресных питьевых и минеральных водах, рассолах нефтегазоносных районов и т.д.

К источникам с высокой концентрацией радона могут быть отнесены Ямкун (Забайкалье) - 94 нКи/л; Исти-Су – 18 нКи/л (Закавказье) - 264 нКи/л; Белокуриха (Алтай) - 13 нКи/л и др.

Высокая концентрация радия в воде известна в Ухтинском нефтегазоносном районе (до 7840 нКи/л), в Западно-Сибирской газоносной провинции (до 1000 нКи/л) и др.

Разливы таких вод приводят к загрязнению больших площадей, на которых экспозиционная доза гамма-излучения может превышать 8000 мкР/ч

Л. Н. БОГОЯВЛЕНСКИЙ. Ухтинское месторождение радия.
[L. BOGOJAVLENSKI]. Un gisement de radium à Uckhta.]



академиком Д. П. Коноваловым в ОФМ 14 III 1928.)

одьотделом Института Прикладной Геофизики летом 1927 г.
рождение радия в Ухтинском нефтеносном районе. Воды многих
йона оказались содержащими радий в количестве во много
огичные источники радия. Для Казенной буровой скважины
, в среднем, $7,6 \times 10^{-9}$ г на литр. Характер минерали-
Ухтинского района представляет большой интерес. След-

Богоявленский Леонид
Николаевич
1881-1943

нной
ний,
дную
чень

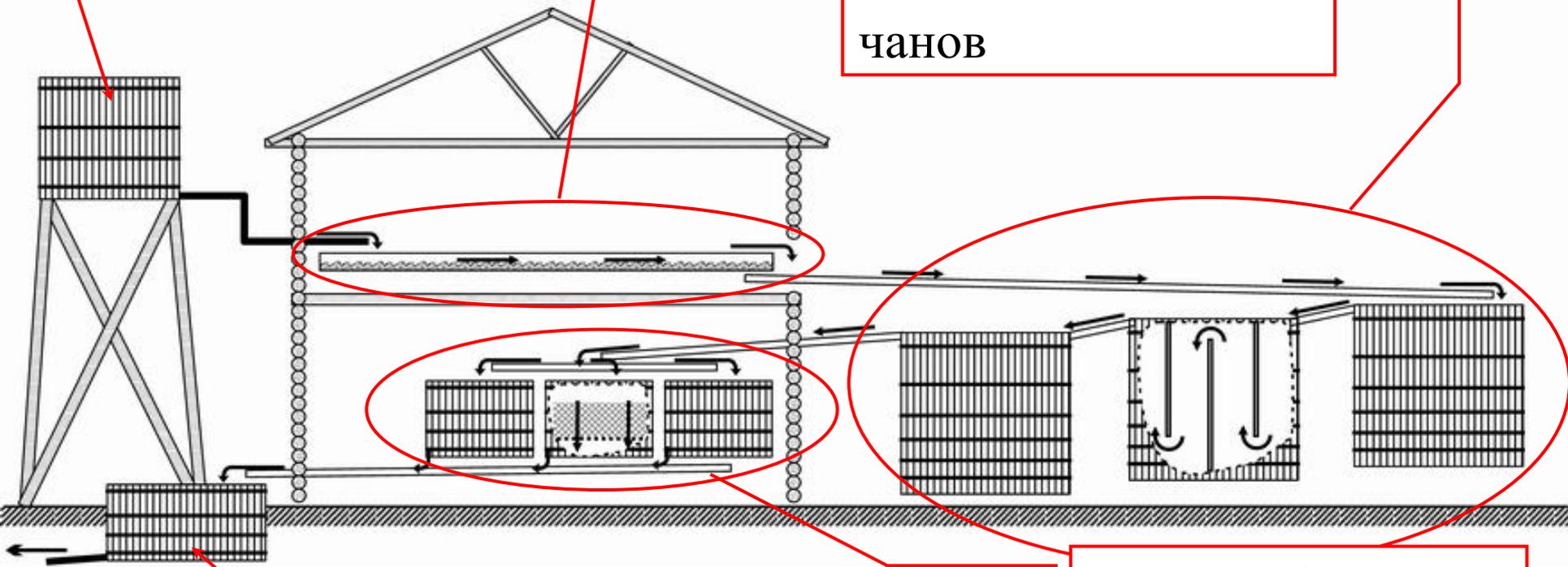
олизка к воде Гренцнахского источника.

Так, в районе г. Ухта, где до 1956 года действовал завод по извлечению радия из пластовых вод нефтепромыслов, установлено **свыше 700 очагов** радиоактивного загрязнения, приуроченных к местонахождениям чанов, стыков водоводов, буровым скважинам. При этом содержания радия превышают **на 1 - 3 порядка уровень фона**. Загрязнённые почвы объёмом более 1000 м³ требуют дезактивации

Водонапорная система

Система гипсовальных желобов

Система отстойных чанов



Водомер объемного типа

Система фильтров

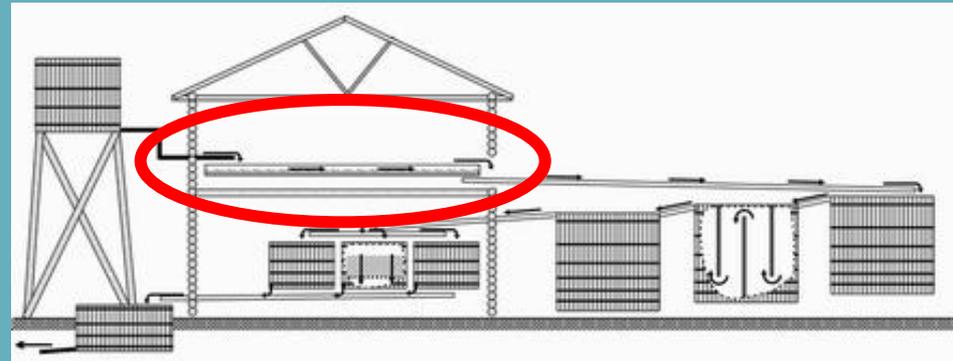
Схема радиохимического завода



Уникальные геохимические условия, в частности высокое содержание в подземных водах хлорида бария, способствовали выщелачиванию соединений радия из метаморфических сланцев.

Содержание радия в воде составляло в среднем 3 мг на 1000 м³.

От скважин на радиохимические заводы минеральная вода подавалась по системе многокилометровых водотоков из 3-х метровых деревянных труб.

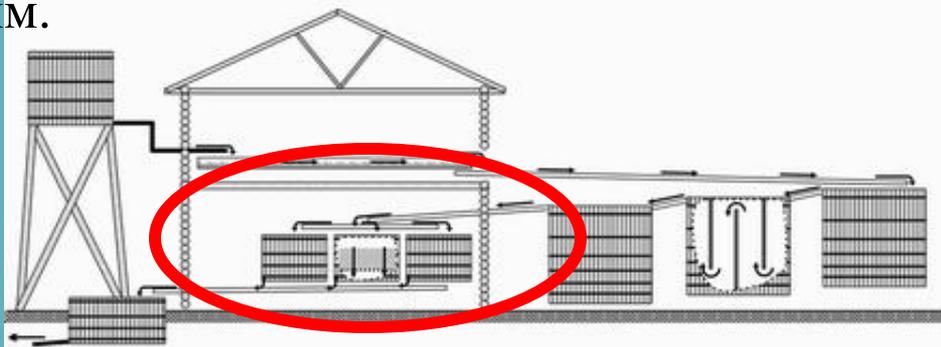


Вода, поступившая со скважин, проходила по системе гипсовальных желобов, заполненных дробленным гипсом $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, где проходила реакция соосаждения бария и радия:



После отстойных чанов вода проходила через фильтры, заполненные опилками и мхом, где происходило окончательное улавливание сульфата барий-радия.

Из фильтров вода направлялась на водомеры объемного типа и сливалась на местность или в ближайший водоем. Содержание радия в отработанной воде составляло всего 0,03-0,05 мг на 1000 м³, т.е. улавливание было практически полным.





Полученный концентрат упаковывали в бочки и направляли на завод по переработке концентрата. Содержание радия в концентрате составляло в среднем **30 мг на тонну**, т.е. степень обогащения на радиохимических заводах достигала 10000 раз.

Конец 50-х годов

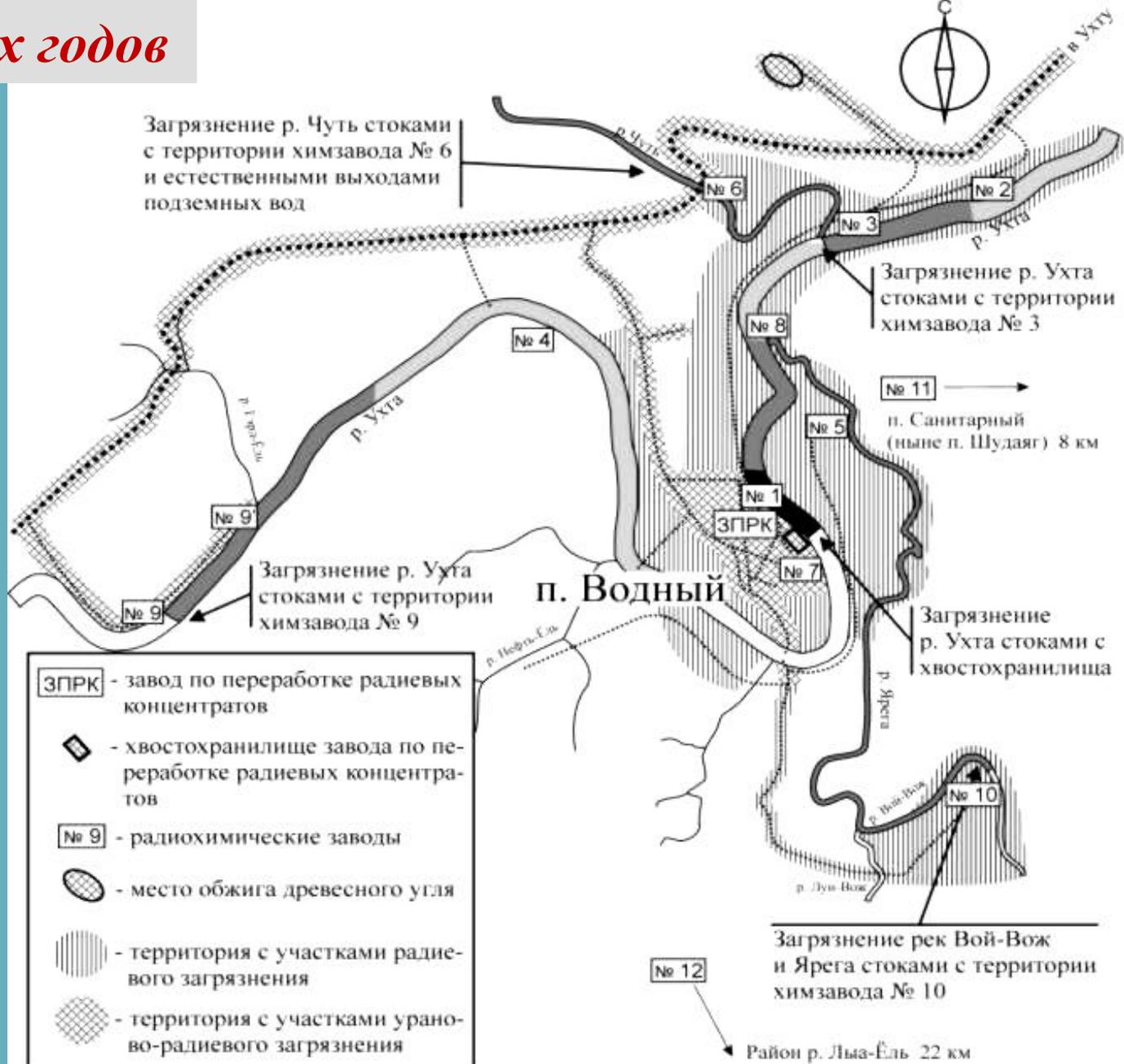


Схема радиоактивного загрязнения территории радиевого промысла

Близкая к этой ситуация сложилась на Ставропольском нефтяном месторождении, в пластовых водах которого концентрация радия ($^{226}\text{Ra} + ^{228}\text{Ra}$) составляет 74 Бк/дм³. При движении вод по трубам, происходит его отложение на поверхности труб, днищах ёмкостей и т.д. Удельная активность твёрдых осадков от ^{226}Ra и ^{228}Ra составляет соответственно 109 и 89,6 кБк/кг, что создаёт экспозиционную дозу гамма - излучения на уровне от 3 до 20 мГр/ч ($\sim 300\,000 - 2\,000\,000$ мкР/ч). Доза, получаемая персоналом в течение года, соответственно составит 6,6 и 44 мЗв, что превышает предел годовой дозы для категории Б (5 мЗв).

Технологическое оборудование (трубы и т. д.) может иметь активность от 1000 до 35000 кБк, а МЭД до 4700 мкР/ч и согласно НРБ 76/87 должно относиться к категории радиоактивных отходов

Твёрдые осадки высохших полей фильтрации будут представлять серьёзную угрозу для проживающего населения после завершения отработки месторождения.

Аналогичная ситуация существует в США (штат Луизиана и др.), на нефтепромыслах, где нефте - водяная смесь, поступающая на поверхность, в 5 - 20 раз более радиоактивна, чем вода сбрасываемая с АЭС.

Известны подземные и поверхностные воды с высокими содержаниями урана. Так, на участках с урановой минерализацией его концентрация может достигать $n \cdot 10^{-5}$ - $n \cdot 10^{-2}$ г/л.

В ряде источников водоснабжения в Томской области концентрации урана достигают $7 - 8 \cdot 10^6$, а в некоторых случаях и 10^{-5} г/л. Уровни накопления урана в водах Западной Сибири, по данным В.А. Зуева (1996), приведены в таблице

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
	Подземные	Реки	$(8-12) \cdot 10^{-8}$	80-120
		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
	Поверхностные водотоки		$(2-4) \cdot 10^{-7}$	200-400
Воды урановых месторождений	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			$1 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-5}$	1000-20000

Уран, растворенный в воде, выступает не столько в качестве радиационно опасного фактора, создающего внутреннее облучение организма, но и как тяжёлый металл - химически вредный компонент.

Общеизвестно, что данный элемент и его соединения характеризуются политропным действием на органы и системы человека, особенно, почки, и, не случайно, уран иногда называют «почечным ядом»

Недоучет данного радиационно опасного фактора, отсутствие информации о концентрациях урана и радия в воде может привести к созданию дискомфортных условий для проживания человека как в виде непосредственного влияния радионуклидов при потреблении воды (отложения в почках, костях и т.д.), так и через создание высоких концентраций радона в помещениях (ванны, кухни и т.д.).

Естественные радиоактивные элементы, например, высокоактивный продукт распада урана - **радий**, широко использовались и используются для решения ряда народнохозяйственных задач в виде люминесцирующих красок (**соли радия**) для циферблатов приборов, для добавок с целью получения красивых окрасок стекол (**Богемский хрусталь и т.д.**), а также - эталонов для калибровки радиометрической и дозиметрической аппаратуры (1 мг Ra с фильтром из платины толщиной 0,5 мм на расстоянии 1 см создает мощность экспозиционной дозы, равную 8,4 Рентгена)

Загрязнение природной среды естественными радионуклидами происходит на этапе добычи и глубокой переработки как радиоактивных, так и не радиоактивных руд. Часть урана может выбрасываться с вентиляционными выбросами, сточными техническими водами, накапливаться в прудах-отстойниках и т.д.

Это послужило причиной загрязнения природной среды в Читинской и Свердловской областях, Казахстане, Чукотке и других регионах.



Повышенным содержанием естественных радиоактивных элементов характеризуются также доменные шлаки, жидкие и твёрдые отходы редкометальной промышленности, термофосфорные шлаки, красные шламы алюминиевого производства и т.д.

Так, Соколиков В.А. (главный специалист по радиоэкологии Госкомэкологии Магаданской области) отмечает, что в процессе гравитационного обогащения оловорудных концентратов на добычных предприятиях Чукотки (п. Красноармейский) радиоактивность достигает 740 кБк/кг, а загрязнённость почв альфа - нуклидами достигала величины от 7,4 до 74 кБк/кг. Этот уровень альфа - активности материалов, согласно ОСП 72/87 и СПОРО - 85 соответствует категории твёрдых радиоактивных отходов (>7,4 кБк/кг). Тем не менее, работа с этими материалами проводилась без специальных мер радиационной безопасности

Аналогичная картина отмечается и при отработке золоторудных и оловорудных россыпных месторождений Якутии, где радиоактивность оловорудных концентратов нередко достигает 200 - 3000 мкР/ч

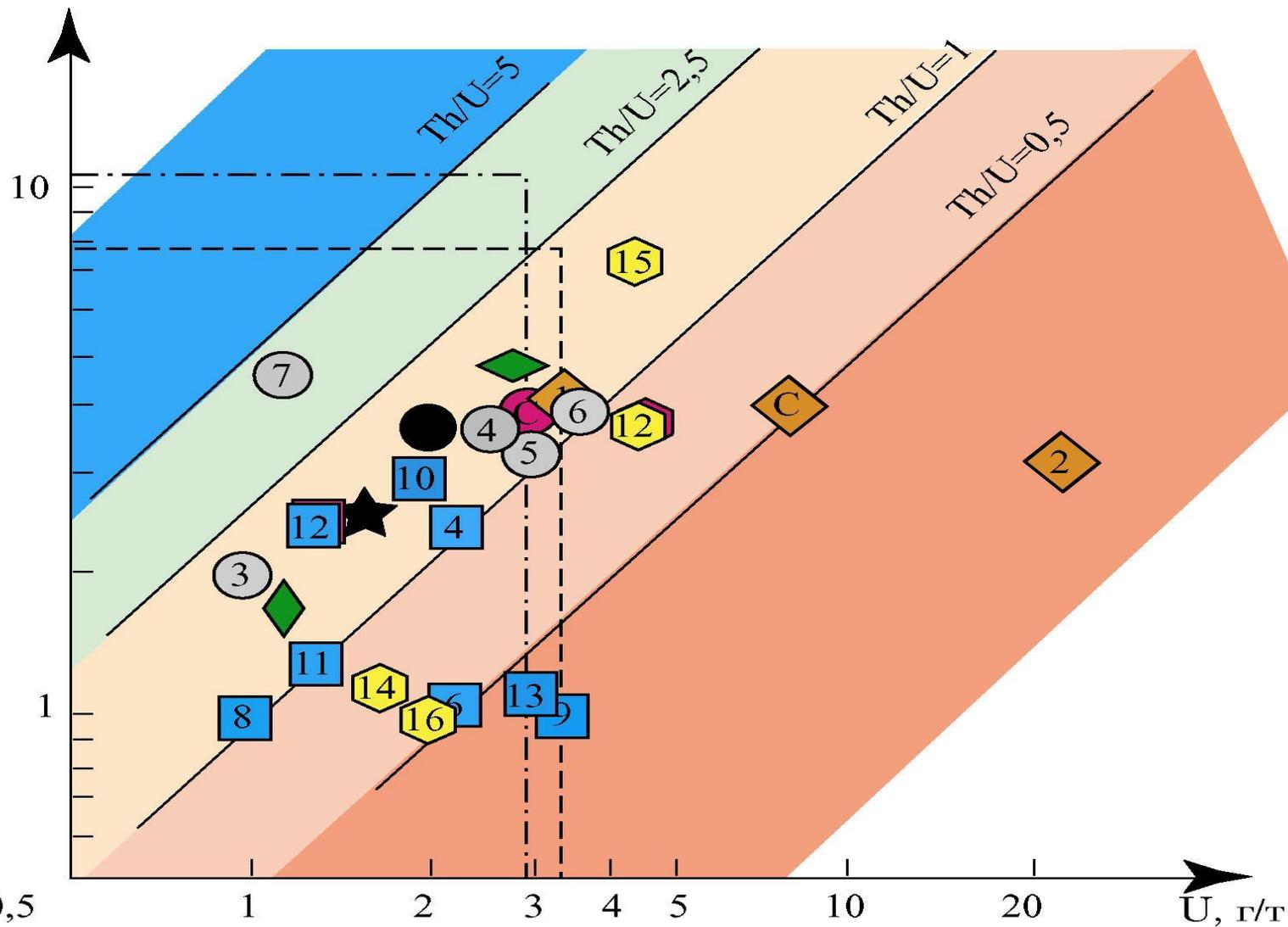
Такая же ситуация может сложиться и при отработке циркон - ильменитовых песков Западной Сибири (Туганское, Тарское и др.), вольфрамовых руд Калгутинского месторождения в Горном Алтае. Поэтому на такого рода предприятиях должен быть налажен чёткий радиационный контроль

Особо следует обратить внимание на загрязнение природной среды естественными радиоактивными элементами (ураном, торием, радием, полонием, изотопами свинца-212, 214, висмутом-214 и др.) в результате сжигания углей на ГРЭС и ТЭЦ.

Угли, как природные образования, в тех или иных количествах, содержат естественные радиоактивные элементы.

Их концентрация определяется многими факторами, но прежде всего процессами окисления

Th, г/т



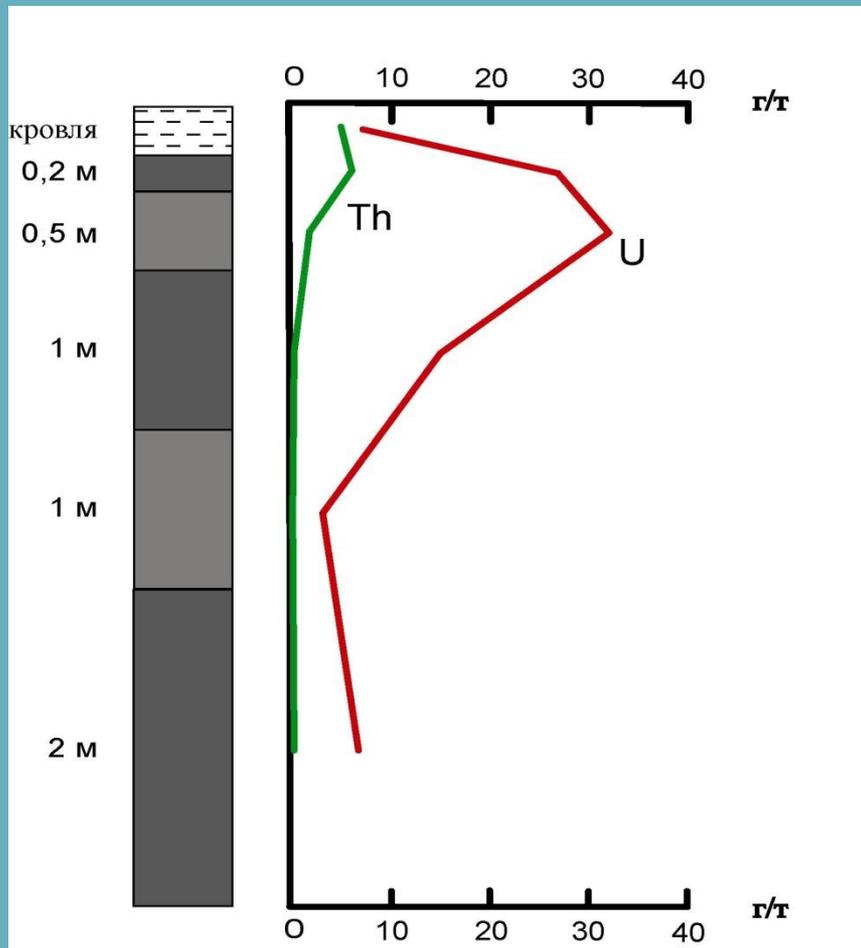
- ◆ -I ○ -II □ -III ◇ -IV ● -V ★ -VI ● -VII - - - VIII - - - IX ◆ -X ◆ -XI

I-девонская эпоха угленакопления; II-карбон-пермская эпоха угленакопления; III-мезозойская эпоха угленакопления; IV-кайнозойская эпоха торфо-угленакопления; V-среднее для эпохи; VI-среднее для региона;

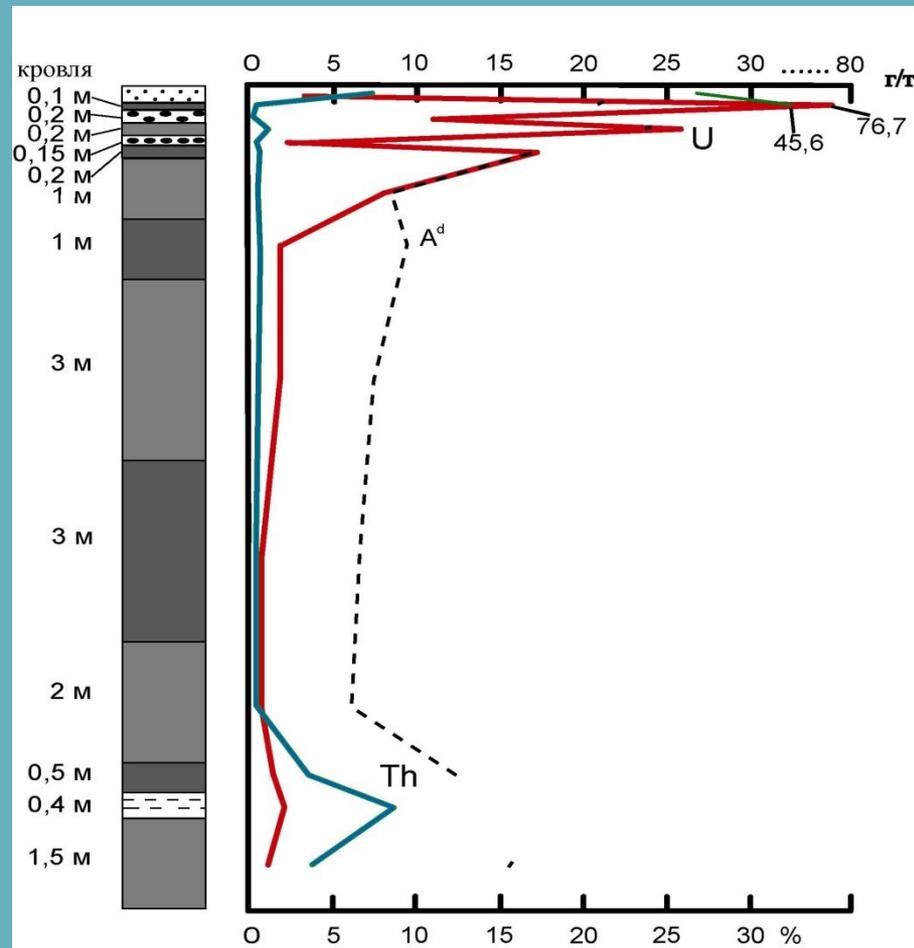
VII-угольный кларк; VIII-среднее для осадочных пород (по Н.А. Григорьеву, 2003); IX-среднее для континентальной земной коры (Тейлор, Мак-Леннан, 1988); X-угли США; XI-угли Китая.

Угольные бассейны и месторождения: 1-Барзасское, 2-Убрусское, 3-Горловский, 4-Кузнецкий, 5-Минусинский, 6-Тунгусский, 7-Курайское, 8-Пыжинское, 9-Канско-Ачинский, 10-Иркутский, 11-Улутхемский, 12-Западно-Сибирский, 13-Среднее для АССО, 14-Талду-Дюргунское, 15-торф погребенный, 16-торф современный.

Эпигенетическое накопление урана в зоне гипергенного окисления угольных пластов



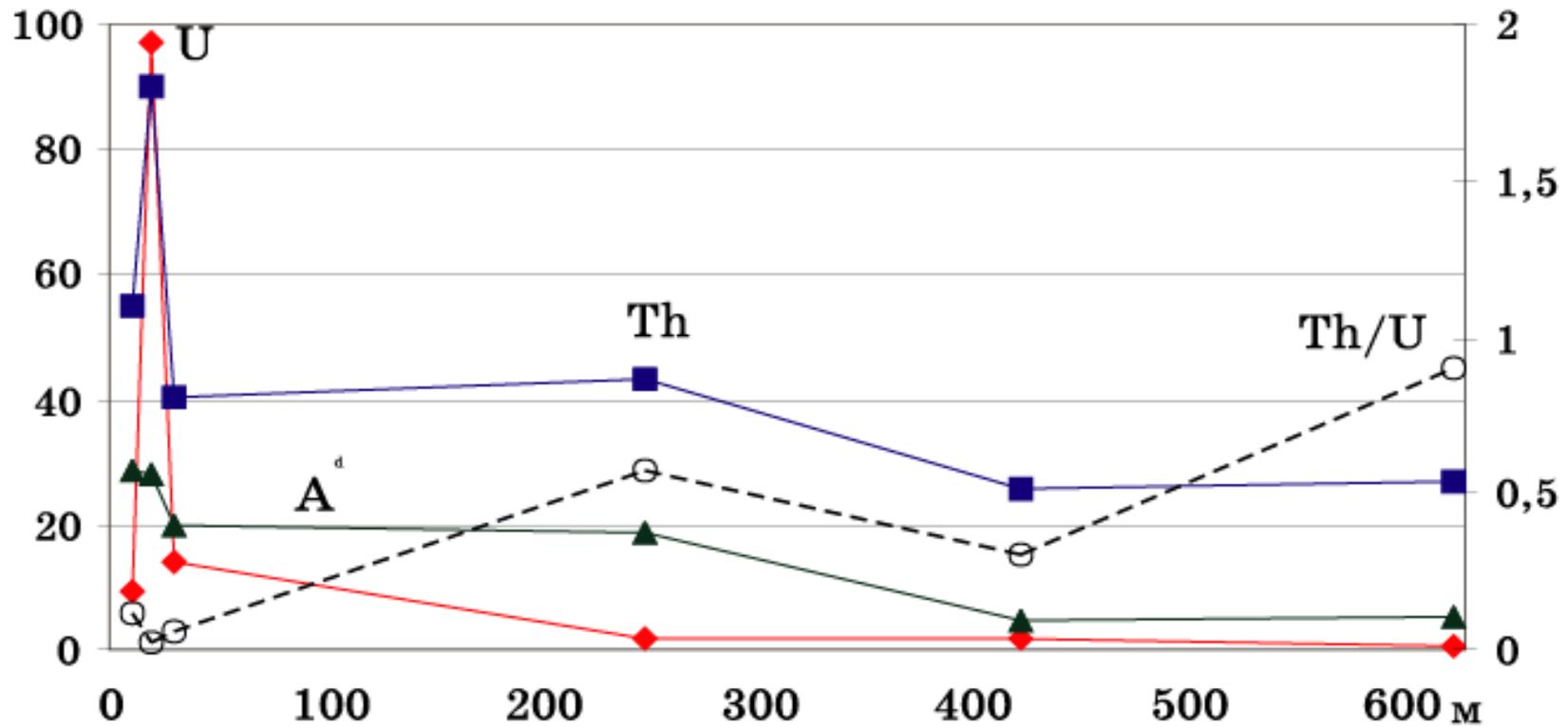
**ПЛАСТ ИТАТСКИЙ,
ИТАТСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**



**ПЛАСТ МОЩНЫЙ,
КАНСКИЙ РАЗРЕЗ**

U, г/т; A^d, %

Th, г/т; Th/U



ИЗМЕНЕНИЕ РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЗОЛЬНОСТИ УГЛЯ В ЗОНЕ ОКИСЛЕНИЯ, ПЛАСТ 19/a (БЕЙСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ)

1-НЕОКИСЛЕННЫЙ УГОЛЬ, 2-СЛАБООКИСЛЕННЫЙ, 3-ОКИСЛЕННЫЙ,

4-СИЛЬНООКИСЛЕННЫЙ, РЫХЛЫЙ

Учитывая тот факт, что при сжигании углей происходит концентрирование многих химических компонентов в золе и шлаках, нетрудно подсчитать, что одна средней мощности тепловая станция в год будет выбрасывать, при существующих сегодня средствах пылеулавливания, около 3-4 т урана, как химического соединения, в природную среду, вовлекая его в кругооборот, приводя к накоплению в растениях, живых организмах и т.д.

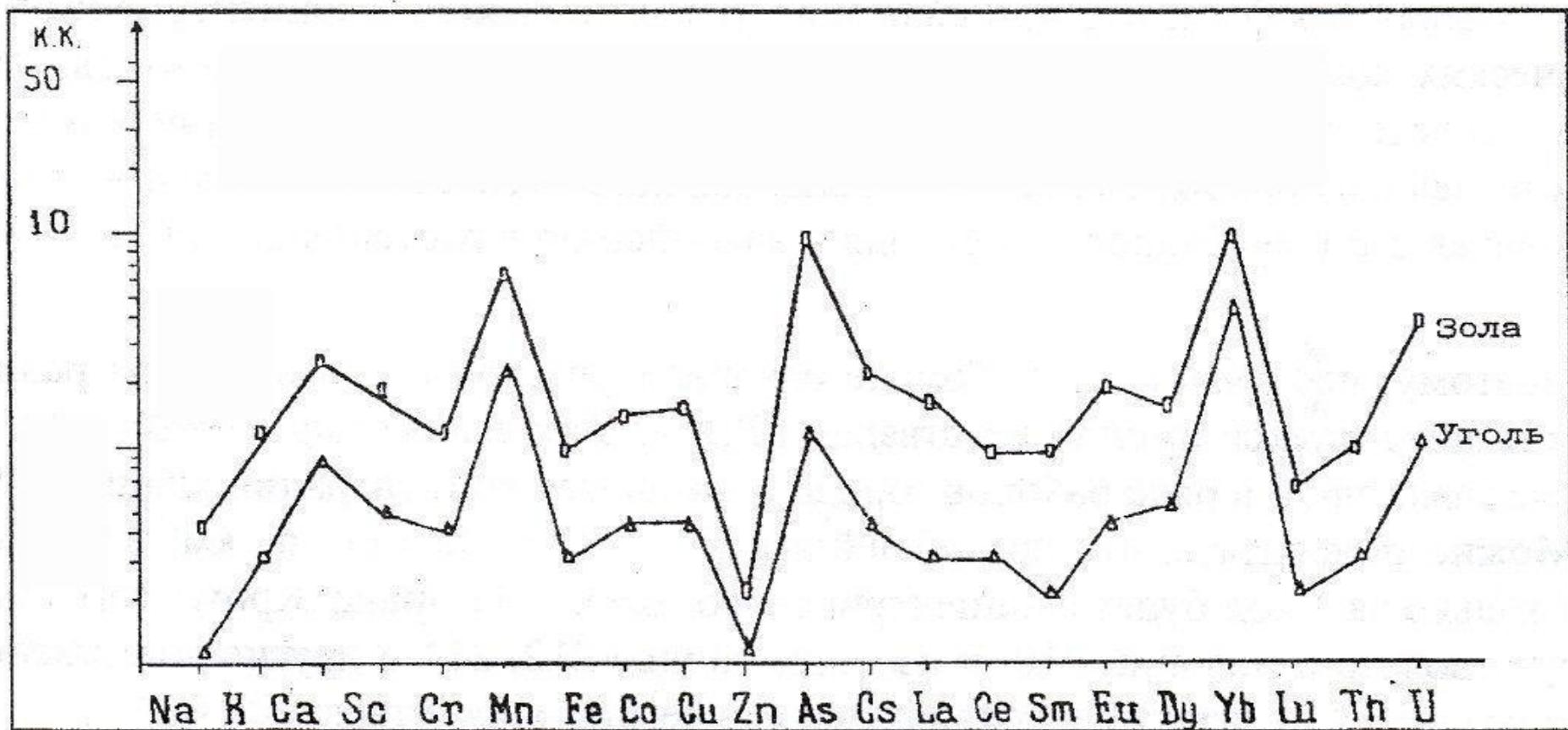


Рис. 4.4 Нормированные кривые распределения микроэлементов в углях и золах

Поэтому, неслучайно, в г.Томске основной участок с повышенным радиационным фоном фиксируется именно на отвалах ГРЭС-2 , а в твердом остатке снеговых проб в ряде районов города отмечаются концентрации урана до 10 и более г/т. Можно подсчитать, что при общей запыленности 100 тонн на км² в год, на этой площади только за 1 год будет сконцентрировано более 1 кг урана.

Кроме того, здесь будут присутствовать и полоний-210, и изотопы свинца-212, 214 и другие естественные радионуклиды (табл. 4.6), а также и токсичные химические элементы (табл. 4.7).

Оценка ежегодных выбросов в атмосферу радиоактивных материалов от ТЭС на угле
электрической мощности 1000 МВт

Изотоп	Выбросы, Бк/год	Изотоп	Выбросы, Бк/год
Ряд ^{238}U		Ряд ^{235}U	
^{238}U	$2,96 \cdot 10^8$	^{235}U	$1,295 \cdot 10^7$
^{234}Th	$2,96 \cdot 10^8$	^{231}Th	$1,295 \cdot 10^7$
$^{238}\text{Pa}^m$	$2,96 \cdot 10^8$	^{231}Pa	$1,295 \cdot 10^7$
^{230}Th	$2,96 \cdot 10^8$	^{227}Ac	$1,295 \cdot 10^7$
^{226}Ra	$2,96 \cdot 10^8$	^{227}Th	$1,295 \cdot 10^7$
^{218}Ro	$2,96 \cdot 10^8$	^{223}Ra	$1,295 \cdot 10^7$
^{214}Pb	$2,96 \cdot 10^8$	^{224}Ra	$1,85 \cdot 10^8$
^{214}Bi	$2,96 \cdot 10^8$	^{212}Pb	$1,85 \cdot 10^8$
^{214}Po	$1,295 \cdot 10^7$	^{212}Bi	$1,85 \cdot 10^8$
^{211}Pb	$1,295 \cdot 10^7$	^{208}Tl	$1,85 \cdot 10^8$
^{211}Bi	$1,295 \cdot 10^7$	Итого $8,18 \cdot 10^8$	
^{207}Tl	$1,295 \cdot 10^7$	Выбросы радона	
Итого $24,2 \cdot 10^9$		^{220}Rn	$1,48 \cdot 10^{10}$
Ряд ^{232}Th		^{222}Rn	$2,96 \cdot 10^{10}$
^{232}Th	$1,85 \cdot 10^8$	Итого $452 \cdot 10^8$	
^{228}Ra	$1,85 \cdot 10^8$	Итого от 1 ТЭС на угле в год $5,0 \cdot 10^{10}$	
^{228}Ac	$1,85 \cdot 10^8$		
^{228}Th	$1,85 \cdot 10^8$		
^{210}Pb	$2,96 \cdot 10^8$		
^{210}Bi	$2,96 \cdot 10^8$		
^{210}Po	$2,96 \cdot 10^8$		
Итого $16,28 \cdot 10^8$			

Таблица 4.7

Количество токсичных элементов в выбросах ТЭС на угле электрической мощностью 1000 МВт

Элемент	Приблизительный ежегодный выброс, тонн/год
Мышьяк	9
Барий	30
Хлор	2
Марганец	7
Ртуть	2
Никель	7
Ванадий	7

Таким образом, мы можем себе отчётливо представить радиоэкологическую опасность от сжигания твёрдого горючего топлива по существующим в России на сегодняшний день технологиям сжигания и улавливания выбросов.

В регионах должен быть налажен радиационный контроль за качеством завозимого угля на ГРЭС и ТЭЦ.

Близкая к этому ситуация может возникнуть и при использовании некоторых типов торфов. Так, например торф Карийского месторождения, который в 1968 - 1971 гг. использовался в топливной смеси для ТЭЦ - 3 г.Кирове - Чепецка **содержит промышленно значимые концентрации урана**

Следует отметить, что естественные радиоэлементы имеют свойство избирательно накапливаться в тех или иных биологических объектах.

Например, **полоний-210**, продукт распада урана, наиболее интенсивно концентрируется в табаке и при курении с табачным дымом поступает в организм курильщика (и не только!), накапливается в тканях и тем самым усугубляет действие табачного дыма, содержащего канцерогенные вещества. Не случайно, специалисты считают **табачный дым одним из самых опасных факторов риска заболевания раком.**

Курение и радиация

Частота
заболеваемости
раком органов
дыхания

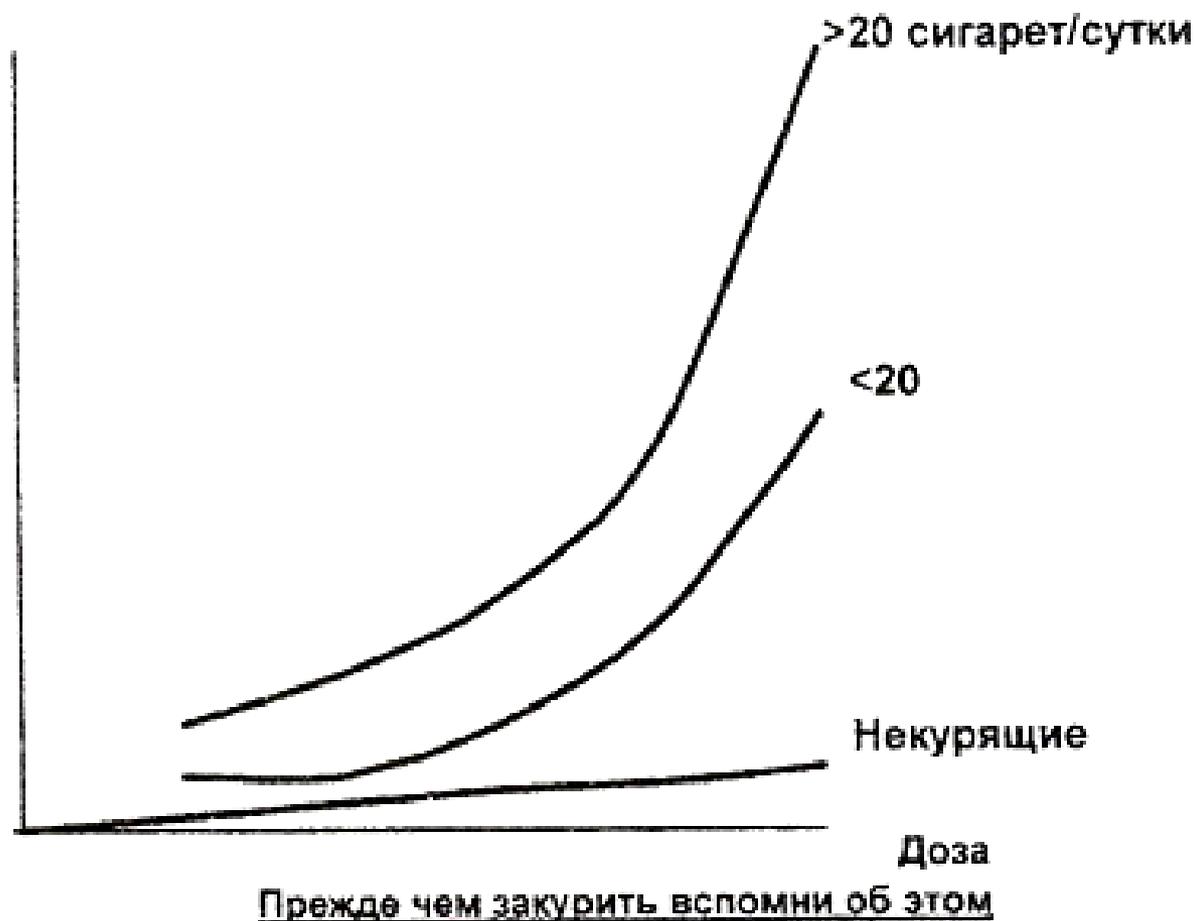


Рис. 4.5 Частота заболеваемости раком органов дыхания у курящих и некурящих людей

Таблица 48

Содержание полония - 210 в печени и крови человека

	Полоний - 210 (пКюри/кг) в человеке	
	Некурящий человек	Курящий человек
Печень	31,1	57,7
Кровь	4,4	26,0

Естественный радиационный фон в любом регионе прежде всего определяется содержаниями естественных радиоактивных элементов: урана, тория, калия и продуктами их распада (радий – 226, радон и др.).

М.Эйзенбад (1967) со ссылкой на Хуптквиста приводит видоизменённые формулы для расчёта ионизации воздуха над породами и почвами, в состав которых входят естественные радиоактивные элементы. Из этих формул достаточно наглядно виден вклад в мощность экспозиционной дозы различных радионуклидов.

$$DRa = 1.84 \cdot 10^{12} SRa$$

$$DU = 6.4 \cdot 10^6 SU$$

$$DTh = 3.1 \cdot 10^6 STh$$

$$DK = 13.3 \cdot 10^2 SK$$

где DRa, DU, DTh, DK - мощность дозы в воздухе (рад/год), измеренная над слоем почвы или горной породы, содержащей SRa, SU, STh, SK граммов радия, урана и т.д. на грамм породы или почвы.

Таблица 49

Мощность дозы γ - излучения от радия, урана, тория и калия в породах и почвах

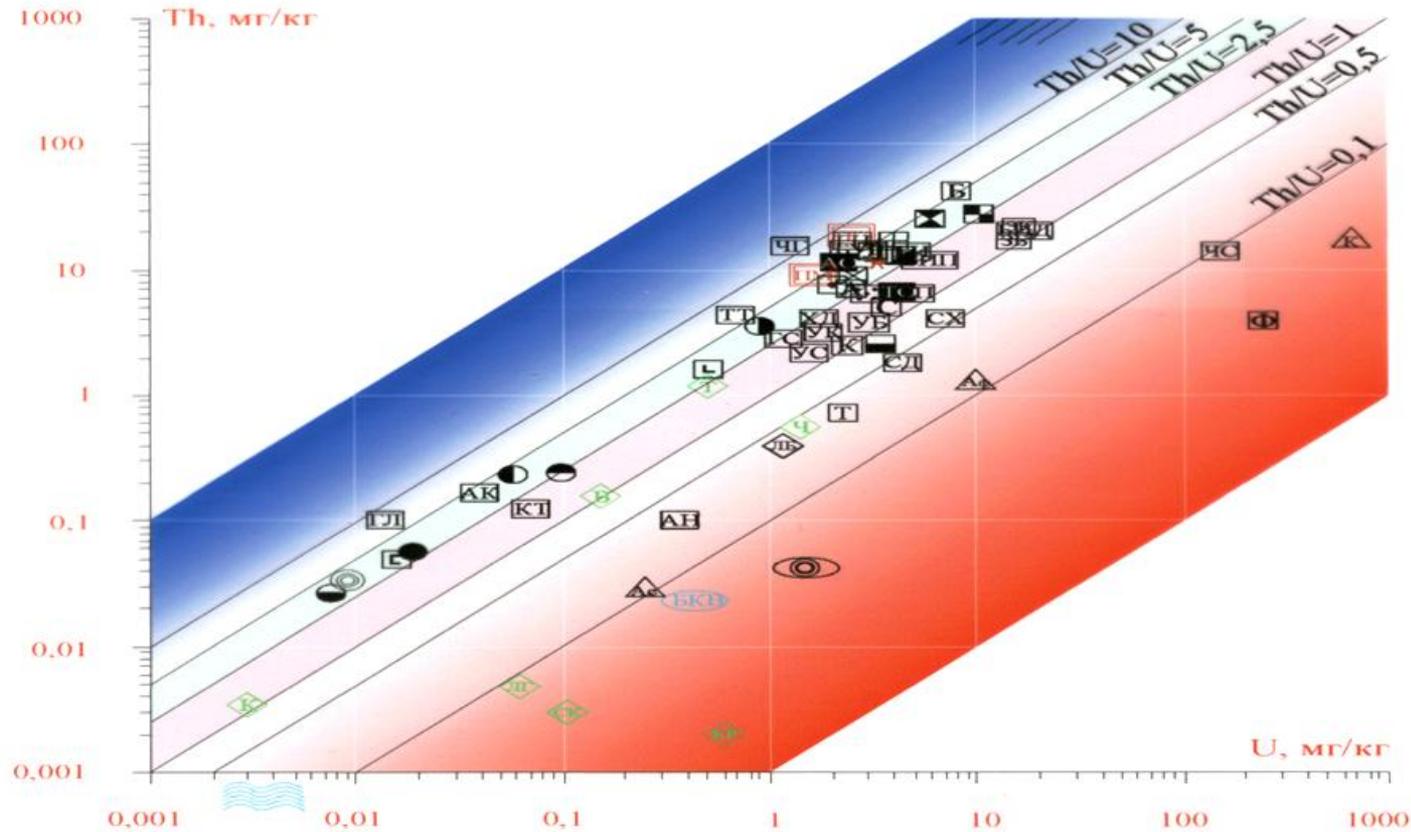
Тип породы	Мощность дозы, мРад/год				Мощность дозы γ - излучения измеренная СРП 68-01, мкР/ч
	^{226}Ra	^{238}U	^{232}Th	^{40}K	
Вулканические	24	26	37	35	~ 14
Осадочные:					
Песчаники	13	7,7	18	15	~ 6
Сланцы	20	7,7	31	36	~ 11
Известняки	7,7	8,4	4	4	~ 3

Естественные радиоактивные элементы были, есть и будут в тех или иных количествах во всех природных объектах нашей планеты, во всех геосферных оболочках.

Живое вещество эволюционировало и адаптировалось к ионизирующему излучению на протяжении сотен миллионов лет. И, не случайно, что в живом мире существуют организмы, выдерживающие ионизирующую радиацию, соответствующую уровням в эпицентре ядерных взрывов (скорпионы и некоторые другие), а их хитиновый покров является лучшим материалом, защищающим организм от радиации.

Существуют мнения о том, что радиоактивность была одним из факторов зарождения сложных органических соединений и генетических изменений в живой природе, а природная бета-активность $K40$ возможно является источником энергии поддер/живающей функционирование клетки

Генерализованная схема радиогеохимических характеристик объектов геосферных оболочек



- ☉ - Солнечная система
- 🌍 - Земля
- 🌕 - Луна
- ☾ - Хондриты
- ☉ - Валовый состав континентальной коры
- 🌊 - Океаническая кора
- 🏔️ - Ультрасиенитовые породы
- 🏔️ - Основные породы
- 🏔️ - Породы среднего состава (диориты)
- 🏔️ - Породы кислого состава (граниты)
- 🏔️ - Щелочные граниты
- 🏔️ - Аглитовые нефелиновые сиениты
- 🏔️ - Гранодиориты
- 🏔️ - Сланцы обыкновенные
- 🏔️ - Алмазоносные кимберлиты, Африка
- 🏔️ - Глины
- 🏔️ - Уголь Сибири
- 🏔️ - Уголь каменный
- 🏔️ - Уголь бурый
- 🏔️ - Торф по требованию (зольность 60%), юга Сибири
- 🏔️ - Торф юга Сибири
- 🏔️ - Зола каменных углей
- 🏔️ - Зола бурых углей
- 🏔️ - Гипс
- 🏔️ - Фосфориты
- 🏔️ - Черные сланцы

- 🏔️ - Коматиты зеленокаменных джозов Сибири
- 🏔️ - Породы чарьокит-гранулитовой формации
- 🏔️ - Гнейсы биотитовые
- 🏔️ - Карбонатные породы
- 🏔️ - Пески прибрежные
- 🏔️ - Бокситы
- 🏔️ - Галит
- 🏔️ - Ангидрит
- 🏔️ - Поле реализации монацитовых пляжков песков
- 🏔️ - Красные глубоководные глин (ТО - Тихий океан, АО - Атлантический)
- 🏔️ - Глубоководные Fe-Mn конкреции дна Тихого океана
- 🏔️ - Сапропель, юг Томской области
- 🏔️ - Лессы Китая
- 🏔️ - Асфальтены нефтей
- 🏔️ - Асфальтиты нефтей
- 🏔️ - Керогены нефтей
- 🏔️ - Кораллы, южная часть Тихого океана
- 🏔️ - Солевые отложения (накись) из питьевых вод населенных пунктов Томского района
- 🏔️ - Биогенные илы Тихого океана
- 🏔️ - Глубоководные современные донные отложения оз. Байкал

- 🏔️ - Пелит-диатомовые илы оз. Байкал
- 🏔️ - Алевритовые илы оз. Байкал
- 🏔️ - Донные отложения устья рек оз. Байкал
- 🏔️ - Донные отложения оз. Телецкого, Алтай
- 🏔️ - Донные отложения солевых озер, Алтай
- 🏔️ - Донные отложения сульфатно-хлоридовых озер, Алтай
- 🏔️ - Донные отложения хлоридных озер, Алтай
- 🏔️ - Почвы юга Западной Сибири
- 🏔️ - Почвы Мира
- 🏔️ - Пылеаэрозольные выпадения
- 🏔️ - Вода оз. Байкал
- 🏔️ - Вода морская
- 🏔️ - Плазма крови человека, юг Сибири
- 🏔️ - Скорлупа дроздов, юг Сибири
- 🏔️ - Зола травянистой растительности, юг Сибири
- 🏔️ - Остромордая лягушка, юг Томской области
- 🏔️ - Волосы детей, юг Сибири
- 🏔️ - Зола черники, юг Сибири
- 🏔️ - Зола лабазника, юг Сибири

Естественный радиационный фон, измеряемый радиометрами и дозиметрами в виде мощности экспозиционной дозы (мкР/ч, нГр/ч), в помещениях также прежде всего *определяется видом и типом строительного материала*, характеризующегося разным содержанием естественных радиоактивных элементов

Мощность дозы γ - излучения в зданиях различных стран

Страна	Число обследованных зданий	Тип зданий	Мощность дозы в воздухе, нГр/ч		Год исследований
			средняя	Средневзвешенная по стране	
Австрия	1900	Кирпичные	110	71	1980
		Бетонные	81		
		Деревянные	75		
		Каменные	110		
Великобритания	2000	Различные	62	(62)	1985
ГДР	600	Различные	74	(74)	1969
Дания	82	Кирпичные	60	60	1985
		Бетонные	50		
		Деревянные	30		
Ирландия	223	Различные	62	(62)	1985
Италия	600	Различные	60	(60)	1984
Нидерланды	399	Различные	64	(64)	1985
Норвегия	2026	Кирпичные	120	95	1977
		Бетонные	105		
		Деревянные	71		
Польша	1351	Сборные со шлаком	77 - 120	73	1984
		Кирпичные	57 - 100		
		Сборные	57 - 100		
		Кирпично - деревянные	54 - 68		
		Деревянные	60 - 79		
Франция	946	Различные	88	75	1980
	5798	Различные	75		1985
ФРГ	29996	Каменные	70	70	
		Каркасные	71		
		Сборные	40		
		Деревянные	45		
Швеция	1189	Кирпичные	92	96	1983
			116		
			172		
			53		

Примечание: для получения МЭД в мкР/ч необходимо Мэд в нГр/ч разделить на 10

Мощность экспозиционной дозы (N) в зданиях некоторых городов
Европейской части Советского Союза

Город	Географическая область	Число зданий	Материал	N, мкР/ч	
				в здании	на грунте
Архангельск	Дельта Сев. Двины	54	К	7,5±2,1	5,3±1,1
Вильнюс	Зап. - Европ. часть СССР	49	К	7,5±1,11	5,2±0,5
Владимир	Центр. - Европ. часть СССР	92	К	10,2±1,1	7
Воронеж	Окско - Донская равнина	107	К	8,2±1,3	5,6±2,1
Выборг	Карельский перешеек	87	К	23,5±2,1	16±1,2
Железноводск	Сев. Кавказ	27	К	24,2±6,1	15,1±1,2
Калининград	Зап. - Европ. часть СССР	69	К	11,3±4,1	6,7±0,9
Каунас	Зап. - Европ. часть СССР	72	К	14,1±0,9	9,7±1,5
Кисловодск	Сев. Кавказ	62	К	16,4±3,2	10,1±3,2
Ленинград	Карельский перешеек	192	К	12,8±1,5	8,1±2,2
Мин. Воды	Сев. Кавказ	24	К	16,1±2,1	10,3±2,1
Москва	Центр. - Европ. часть СССР	119	К	11,0±0,9	9,5
Новгород	Зап. - Европ. часть СССР	52	К	10,3±2,9	5,1±0,6
Псков	Зап. - Европ. часть СССР	66	К	10,6±0,6	4,0
Пятигорск	Сев. Кавказ	64	К	16,3±2,1	10,0±0,9
Рига	Зап. - Европ. часть СССР	129	К	8,0±1,4	3,0±1,0
Рязань	Центр. - Европ. часть СССР	81	К	5,0±1,0	6,0±1,5
Севастополь	Крым	117	И	3,3±1,3	3,4
Симферополь	Крым	98	И	13,8±0,7	3,5
Ставрополь	Сев. Кавказ	89	К	2,1±1,1	8,3±1,2
Таллин	Зап. - Европ. часть СССР	89	К	4,6±2,1	3,2±2