

ОТЗЫВ

на диссертацию Юсупова Дмитрия Валерьевича
«МЕТОДОЛОГИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА
ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ»,
представленную на соискание ученой степени доктора геолого-
минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология

Актуальность исследований.

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме – разработке методологии биогеохимической оценки состояния окружающей среды. В работе рассматриваются возможные взаимосвязи между особенностями химического состава территории проживания населения, особенностями техногенной нагрузки и состава древесных растений. Исследования выполнены на обширной территории, включающей Сибирь и Дальневосточный регион Российской Федерации и территорию Республики Казахстан.

Работа основана на биогеохимическом исследовании территорий с разным геологическим строением и химическим составом различных блоков земной коры, а также с различной по составу исследуемых химических элементов техногенной нагрузкой, что позволяет более отчетливо увидеть взаимосвязи между составом биоты и состоянием окружающей среды.

Достоверность и новизна научных положений.

Вынесенные на защиту научные положения являются новыми для исследуемой области знаний и вносят значимый вклад в изучение взаимосвязи состояния окружающей среды и древесной растительности. Автором представлены новые оригинальные данные по содержанию и распределению большого спектра химических элементов в листьях тополя, произрастающего в зоне влияния различных производств и вне их на территории Сибири, Дальнего Востока России, а также северного и восточного Казахстана. Достоверность результатов определяется рациональной методикой исследования, представительностью исследованных объектов и материалов и использованием современных прецизионных аналитических методов.

Практическая значимость. Выявленные особенности химического и минерального составов листьев тополя, а также химический состав минеральных частиц на их поверхности позволяют определять границы зон воздействия различных производств, а также оценивать воздействие неаварийных выбросов предприятий на компоненты окружающей среды. Эта информация может быть использована при проведении геоэкологического и биогеохимического

мониторинга качества окружающей среды на урбанизированных и горнопромышленных территориях.

Предложено использовать листья тополя в качестве биогеохимического сезонного планшета для оценки качества приземного атмосферного воздуха. Эта информация используется в образовательных целях при преподавании в вузе курсов «Геоэкология», «Экология», «Геохимия живых организмов», «Основы биоминералогии».

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 344 стр. текста и списка литературы, включающего 532 наименования.

Структура диссертации логична, изложение каждого последующего раздела опирается на предыдущий. В целом можно заключить, что автор представил единый завершённый научный труд.

Автором сделан весьма обширный литературный обзор по теме исследований (532 публикации, в том числе 136 – англоязычных).

Общее замечание к оформлению работы – излишнее использование автором аббревиатуры. Список сокращений составляет 4 страницы (стр. 279-282). При этом аббревиатура ВМО не расшифрована (вероятно, Всемирная Метеорологическая Организация).

Первая глава посвящена теоретическим и концептуальным аспектам изучения природных и техногенных геохимических аномалий на урбанизированных территориях, проблемам нормирования загрязнения компонентов окружающей среды и поиска индикаторов антропогенного воздействия на окружающую среду на урбанизированных территориях, а также анализу современного состояния концепции биогеохимических провинций. Выполнен глубокий анализ проблемы оценки состояния окружающей среды и методам ее решения, в том числе методологии биогеохимической индикации. Проведен всесторонний анализ используемых методов экологической оценки урбанизированных территорий. Отмечено, что *«разработанные и внедренные Минстроем России методики расчетов индекса качества городской среды и «IQ городов»... не учитывают геохимических индикаторов состояния природных компонентов окружающей среды урбанизированных и горнопромышленных территорий»*. Это дает основание для постановки масштабных работ по разработке методики биоиндикации состояния окружающей среды.

Существенных замечаний к этому разделу нет. На наш взгляд, адресность задачи, поставленной автором работы перед геохимией техногенеза: *«управление миграцией химических веществ и элементов в единстве ее технологической и природной составляющих» (стр. 21)*, следует изменить. Вряд ли подобное научное направление способно управлять потоком веществ.

Глава 2 посвящена вопросам методологии биогеохимической индикации состояния окружающей среды с использованием древесной растительности. Она содержит обзор опыта использования керна и листьев деревьев в биогеохимическом мониторинге на природных, урбанизированных и горнорудных территориях; обоснование выбора объекта исследования, методики проведения полевых работ, описание аналитических методов, обработки результатов, анализ опытно-методических работ.

В этой главе обосновано первое защищаемое положение: *«Методология биогеохимической индикации на урбанизированных территориях основывается на системном анализе процесса депонирования химических и минеральных компонентов растительными объектами и включает геохимию отдельных элементов, изучение вещественного состава природных компонентов в сопоставимых пространственно-временных условиях комплексом прецизионных инструментальных методов с использованием методов многомерного статистического анализа, геохимического картирования; учитывает средний региональный уровень содержаний химических элементов в едином биообъекте, показатели численности и плотности населения, интегральные оценки».*

В целом положение достаточно убедительно обосновано, но имеется и ряд замечаний.

Приведенные в главе примеры исследования биогеохимической индикации тектонически активных зон не очень убедительны (раздел 2.1). Очевидно, что здесь необходимы более глубокие исследования. Например, осталось не ясной причина различия в распределении ртути в годовых кольцах сосны и тополя. Особенно в случаях отрицательной корреляции. Почему сосна фиксирует одни события, а тополь – другие? Почему имеет место отрицательная корреляция? Сам факт фиксации глубинных разломов и зон активизации аномалиями ртути известен еще с прошлого века и очевидно, что отдельные виды растительности также должны фиксировать это явление. Проблема в выборе биообъектов и интерпретации данных. В перспективе это вопрос отдельной исследовательской работы.

Аналитические методы охарактеризованы очень детально, даже избыточно для данной работы. Обосновано высокое качество и показаны преимущества используемых методов для исследования состава изучаемых биообъектов.

Здесь же приведены полученные автором средние оценки содержания большой группы элементов в золе листьев тополя (табл. 2.8). Следовало также попытаться сделать такую оценку и для сухого вещества. Это особенно актуально для ртути и других летучих элементов-примесей. Насколько полученные оценки содержания в золе листьев тополя As, Sb, Zn, Au соответствуют их исходному содержанию в листе, если известна подвижность этих элементов даже при

низких температурах озоления? На рис. 2.18 приведена гистограмма распределения ртути в золе листьев тополя. Как получены эти данные? И почему их нет в таблице 2.8?

Очень качественно выполнен анализ многообразных факторов, влияющих на накопление загрязняющих компонентов в листьях (например, мытый и не мытый лист и др.). Но при этом в данном разделе из общего спектра элементов удалена ртуть. Везде, где рассматриваются методические приемы, ртуть отделена от других элементов. В большинстве таблиц, в корреляционных матрицах и др. расчетах она отсутствует. Это было бы объяснимо, если бы в работе Hg не рассматривалась совсем. Однако фактически ей посвящен целый ряд разделов, но, за редким исключением, везде она вне ассоциации с другими элементами.

В главе 3 охарактеризовано распределение Br, редкоземельных и других элементов в листьях тополя и в сопряженных компонентах природной среды на урбанизированных территориях под влиянием природных ландшафтно-климатических, петрологических и литологических факторов среды.

Здесь обосновано второе защищаемое положение. *«Биогеохимическим индикатором современных областей соленакопления на юге Западной Сибири является Br, аномальные концентрации которого связаны с Кулунда-Среднеуртышской бромной биогеохимической субпровинцией. Биогеохимические индикаторы петрологических и литологических факторов воздействия геологической среды на урбанизированных территориях – высоkozарядные, редкоземельные элементы и их индикаторные отношения. Территории, расположенные в экзолитодинамических зонах дефляции, переноса и аккумуляции эолового материала, характеризуются отношением $Zr/Ce \leq 0,5$ »*. Его обоснование основано на достаточно представительном материале. Отдельные детали приведенных материалов требуют более глубокого осмысления, но в целом, возражений против авторской интерпретации этих данных не имею.

В некоторых случаях автор допускает противоречивую интерпретацию фактического материала. Так, на стр.166 пишет *«Присутствие значимых коэффициентов концентрации тяжелых РЗЭ в начале геохимического ряда в Новосибирске, Барнауле, Кызыле, Ангарске, Иркутске, Владивостоке требует внимания и специального изучения, поскольку не является типичным для природных процессов»*, а далее обосновывает природный фактор формирования аномалий этих лантаноидов во Владивостоке и Иркутске.

В главе 4 представлены элементы-индикаторы атмосферных выпадений загрязняющих веществ на Российско-Казахстанской трансграничной территории, описание техногенных биогеохимических аномалий F, Br, Hg, U, РЗЭ и других на урбанизированных территориях, в зонах влияния разнопрофильных производств.

Здесь приведено обоснование третьего защищаемого положения: «Биогеохимическими индикаторами воздействия предприятий горнодобывающей и металлургической промышленности на Российско-Казахстанской трансграничной территории являются элементы: Zn, As, Sb, Hg, U, образующие региональный конформный биогеохимический ореол атмосферных выпадений. На юге Сибири, в районах размещения предприятий горно-металлургического, литейного производств, полигонов промышленных отходов, формируются локальные техногенные биогеохимические ореолы и потоки рассеяния Hg; ядерно-топливного цикла – U, с отношением $Th/U < 1$; алюминиевого производства – F; нефтепереработки – $La/Ce > 1$ ».

Положение достаточно убедительно обосновано как на обширном собственном фактическом материале, так и на опубликованных данных.

Имеет место и ошибочное заключение (стр 197): «Результаты исследований позволяют.....утверждать, что дальность переноса рудных элементов значительно выше, чем породообразующих химических элементов». Здесь же чуть ранее автор пишет, что «рудные частицы сорбируются на природном носителе (атмосферной неорганической пыли) в виде тонкодисперсных частиц, выпадающих при его переносе». Эта пыль как раз и состоит из «породообразующих химических элементов», а именно из Si, Al, O, K, Na, Ca и др. К тому же известно, что пылеватые частицы, состоящие из «породообразующих химических элементов» переносятся на чрезвычайно большие расстояния вплоть до межконтинентального переноса. Вероятно, автор имел в виду что-то иное, но формулировка звучит именно так.

Еще одно замечание касается вывода о техногенной природе накопления урана в листьях тополя в г. Новосибирске на основании данных по нарушению изотопного отношения $^{238}U/^{235}U$ в одной пробе, отобранной в 2014 году. Даже если это и так, делать такие заключения на основе анализа одной пробы не корректно в принципе. Необходимы дополнительные исследования. Дело не в конкретном предприятии, а в неприемлемом с точки зрения науки подходе. Любое научное заключение требует тщательной проверки. Безусловно, такое нарушение $^{238}U/^{235}U$ в сторону обогащения изотопом ^{235}U указывает на техногенную природу данной аномалии, однако это не исключает возможность аналитической ошибки.

Выделения урана в составе ассоциации полиметаллических руд (стр 194) представляется надуманным. Полиметаллы Рудного Алтая (ВКО) никогда не отличались аномальным накоплением урана. То же относится к привязке ореолов накопления урана в листьях тополя к переработке полиметаллических руд. Для урановых аномалий в исследуемом районе есть и другие предприятия (например,

Ульбинский металлургический завод). Вероятно, это же относится и к вольфраму, отнесенному автором к полиметаллическим рудам ВКО (стр. 198).

В целом же обоснование защищаемого положения проведено квалифицированно и возражений не вызывает. Доказано, что элементный состав листьев тополя отражают специфику различных типов производства. Полученные выводы не противоречат имеющейся опубликованной другими авторами информации.

В главе 5 содержится описание минералогических индикаторов техногенного воздействия на окружающую среду горнодобывающих и обогащательных предприятий, предприятий ядерно-топливного цикла, алюминиевого, металлургического производства, топливно-энергетического комплекса. Здесь приведено обоснование 4 защищаемого положения.

«На промышленно-урбанизированных и горнорудных территориях, в районах размещения разнопрофильных производств, отмечается поступление в атмосферу специфических газообразных химических соединений и выпадение мелкодисперсных твердых частиц, которые депонируются и трансформируются на поверхности листьев древесной растительности. Минералогическими индикаторами воздействия предприятий уранодобывающей отрасли и ядерно-топливного цикла являются микрочастицы оксида и фторида урана, алюминиевых заводов – фторида и сульфата кальция, заводов по переработке алюминиевых сплавов – сульфида свинца, теплоэнергетики (ТЭС) – РЗЭ».

Убедительно показано, что каждый вид производства характеризуется наличием на поверхности листьев тополя, произрастающего в зоне влияния предприятия, своим набором минеральных частиц.

Экспериментальная часть здесь ограничена данными сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа. Этого достаточно для доказательства наличия рассматриваемых минеральных фаз. Обоснование кальциевого барьера и условий образования фторидов, сульфатов и карбонатов рассмотрены на основе литературных данных и физико-химических расчетов

На уранодобывающих предприятиях в составе пыле-аэрозольных частиц на листьях тополя отмечены оксиды урана. При этом нет сведений о силикатах (коффинит) и титанатах (браннерит), также распространенных в обрабатываемом месторождении.

В зоне влияния предприятий ЯТЦ на окружающую среду выявляются микрочастицы оксидов и фторидов урана в составе пылевых и аэрозольных выбросов в атмосферу.

Для алюминиевого производства характерно наличие частиц флюорита, криолита, частиц F-Al состава, а также гипса. Автором определены различия в

составе твердых выбросов алюминиевых заводов в зависимости от применяемой технологии. На территории большинства заводов обнаружены минеральные фазы фторида кальция, Na-Al-F-содержащие минеральные фазы, по составу близкие к криолиту, F-Al-содержащие частицы и вторичный фторид кальция в устьицах, по составу близкий к флюориту. Отмечена специфика частиц в зоне влияния Новокузнецкого и Саяногорского алюминиевых заводов.

В отдельных случаях имеет место обычная невнимательность. Например, на стр.258 приведен состав кальцита: «Ca – $36,06 \pm 0,96$; O – $62,58 \pm 7,48$ ». Углерод в этом составе отсутствует, хотя на спектрах (рис. 5.9 и рис.5.10) он отчетливо виден и в достаточном количестве. К тому же минералов такого состава не существует.

Предприятия цветной металлургии характеризуются своим набором микрочастиц. Приведенные на рисунке 5.16 частицы призматической формы, интерпретированы как галенит. Ни форма частиц, ни спектр, изображенный на рисунке не подтверждают этот вывод. Эти частицы более похожи на сульфат свинца (англезит). Учитывая обобщающий характер работы, приведенное заключение об Pb и Al-Pb составе частиц, характеризующих предприятия цветной металлургии, представляется недостаточным. Спектр предприятий цветной металлургии значительно больше и состав твердых микрочастиц на листовой поверхности, вероятно, существенно более разнообразен.

Минералогическими индикаторами воздействия золошлакоотвалов ТЭЦ и ГРЭС являются техногенные частицы субмикронного размера, содержащие редкоземельные и радиоактивные элементы, обнаруживаемые на поверхности листьев тополя. Это также частный случай Хабаровской ТЭЦ-3. Насколько это характерно для всех золоотвалов?

В целом доказательства защищаемого положения приведены убедительные, подтверждены обширным фактическим материалом и возражений не вызывают.

Венец работы – **заключение**. Здесь сформулированы в краткой форме основные результаты исследований, ее практическая значимость и научная новизна. Основные выводы и рекомендации соответствуют содержанию диссертации.

Основное содержание и защищаемые научные положения диссертации отражены в 54 опубликованных работах (в том числе в одной коллективной монографии), из которых 16 статей – в рецензируемых журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных Scopus и (или) Web of Science, а также 11 статей в научных изданиях, рекомендованных перечнем ВАК Минобрнауки РФ.

Автореферат вполне адекватно отражает содержание диссертации.

Несмотря на отдельные замечания, в основном, не принципиального характера, считаю, что диссертационная работа Юсупова Дмитрия Валерьевича отвечает необходимым требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по части актуальности, обоснованности фактическим материалом, научной новизны и практической значимости. Изложенные в ней материалы получены лично автором либо при непосредственном участии автора в процессе многолетних исследований.

Работа соответствует пунктам 1.8 и 1.17 паспорта специальности 1.6.21 – Геоэкология (25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)).

Работа соответствует п.п. 2.1-2.5 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, утвержденного приказом ректора ТПУ 362-1/од от 28.12.2021 г. (dis.tpu.ru). Считаю, что ее автор, Юсупов Дмитрий Валерьевич, достоин присуждения ему ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология.

Профессор отделения геологии
Инженерной школы природных ресурсов
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доктор геол.-мин. наук, ст. научный сотрудник, профессор


_____ Арбузов Сергей Иванович

11.03.22

Адрес 634050, г. Томск, проспект Ленина, д.30
раб. тел. +7 (3822)42-63-07
e-mail: siarbuzov@tpu.ru

Подпись профессора Арбузова Сергея Ивановича удостоверяю
Ученый секретарь Национального исследовательского
Томского политехнического университета


_____ Е.А. Кулинич



