

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Юсупова Дмитрия Валерьевича «Методология биогеохимической индикации урбанизированных и горнопромышленных территорий на основе анализа древесной растительности», представленную к защите на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Актуальность избранной темы определяется тем, что согласно «Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 г.» к внутренним вызовам экологической безопасности относятся: «наличие густонаселенных территорий, характеризующихся высокой степенью загрязнения окружающей среды и деградацией природных объектов; загрязнение атмосферного воздуха и водных объектов вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ; наличие значительного количества объектов накопленного вреда окружающей среде, в том числе территорий, подвергшихся радиоактивному и химическому загрязнению». Методы биогеохимической индикации, широко применяемые в геоэкологической оценке состояния окружающей среды на урбанизированных территориях, имеют ряд недостатков и проблем, ограничивающих их применение. В данной диссертации автор работы обсуждает методологические подходы к проведению биогеохимической оценки состояния урбанизированных территорий со сложным характером техногенного воздействия и организации биогеохимического мониторинга. Особое внимание диссертант уделяет поиску природных индикаторов экологической ситуации для урбанизированных территорий.

Объектом исследования данной работы являются древесная растительность (листья тополя), аккумулирующая аэрозоли на урбанизированных территориях Сибири, Дальнего Востока России и Республики Казахстан (Акмолинская, Павлодарская и Восточно-Казахстанская области). Четко сформулирована **цель работы** – на основе системного подхода разработать и обосновать методологию биогеохимической индикации природных и техногенных факторов воздействия, аномалий химических элементов и минеральных образований посредством изучения листьев, керны древесной растительности и сопряженных природных сред для геоэкологической оценки урбанизированных территорий. Для достижения этих целей соискателем сформулировано и в итоге проведенных исследований реализовано пять конкретных **задач**: обоснованы методические подходы к проведению биогеохимической индикации (выбор индикатора и индикатов – объектов индикации) для геоэкологической оценки промышленно-урбанизированных территорий; оценены региональные средние уровни содержания химических элементов в едином биообъекте (листьях тополя) на урбанизированных и

горнопромышленных территориях с учетом градации городов по численности и плотности населения; выявлены особенности распределения, концентрирования химических элементов в листьях тополя на урбанизированных территориях под влиянием природных факторов среды и разнопрофильных промышленных предприятий; изучены особенности элементного состава твердой дисперсной фазы в листьях тополя урбанизированных территорий и установлены минералогические индикаторы влияния промышленных предприятий различных отраслей на компоненты окружающей среды.

Научная новизна. В настоящей работе разработана и обоснована методология биогеохимической индикации геоэкологического состояния урбанизированных территорий с использованием элементного и минерального состава листьев тополя, на базе которой получены новые достоверные данные о среднем региональном содержании 29 химических элементов в листьях тополя на урбанизированных территориях. Полученные данные позволили установить зависимость уровня среднего содержания ряда химических элементов от численности и плотности населения в городах и выявить региональные и локальные особенности распределения и соотношения химических элементов в листьях тополя в зависимости от особенностей геологического строения, геохимической, металлогенической специализации горных пород территорий, природно-климатических условий урбанизированных территорий азиатской части России. *Впервые* о контуре Кулунда-Среднеиртышская бромная биогеохимическая субпровинция биосферы, включающая Кулундинскую и Северо-Казахскую бромные биогеохимические области. Описан механизм образования минералов флюорита, гипса в устьицах листьев тополя и биогеохимическая барьерообразующая роль кальция в нем в зоне влияния алюминиевого производства. *Впервые* выявлен трансграничный техногенный биогеохимический ореол рудной ассоциации элементов, источником эмиссии которых в атмосферу являются крупные горнодобывающие и металлургические предприятия городов УстьКаменогорска и Риддера.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Диссертационная работа Юсупова Д.В. основана на четырех защищаемых положениях и исходящих из них выводах и практических рекомендациях, которые достаточно обоснованы и апробированы в среде научно-производственной общественности на научных симпозиумах, конференциях, семинарах и публикацией результатов в рецензируемых периодических изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ, индексируемых в международных наукометрических базах данных Scopus и (или) Web of Science.

Первое защищаемое положение определяет, что методология биогеохимической индикации на урбанизированных территориях основывается на системном анализе процесса депонирования химических и минеральных компонентов растительными объектами и учитывает средний региональный уровень содержания химических элементов в едином биообъекте, показатели численности и плотности населения, интегральной оценки.

Второе защищаемое положение освещает, что биогеохимическим индикатором современных областей соленакопления на юге Западной Сибири является Br, аномальные концентрации которого связаны с Кулунда-Среднеиртышской бромной биогеохимической субпровинцией. Территории, расположенные в литодинамических зонах дефляции, переноса и аккумуляции эолового материала, характеризуются отношением $Zr/Ce < 0,5$.

Третье защищаемое положение базируется на результатах геохимических и минералогических исследований рудных образцов листьев тополя с Российско-Казахстанской трансграничной территории, подверженной воздействию предприятий горнодобывающей и металлургической промышленности.

Четвертое защищаемое положение освещает, что на промышленно-урбанизированных и горнорудных территориях в районах размещения разнoproфильных производств отмечается поступление в атмосферу 14 специфических газообразных химических соединений и выпадение мелкодисперсных твердых частиц, которые депонируются и трансформируются на поверхности листьев тополя. Микрочастицы оксида и фторида урана являются минералогическими индикаторами воздействия предприятий уранодобывающей отрасли и ядернотопливного цикла, для алюминиевых заводов – фторид и сульфат кальция, заводов по переработке алюминиевых сплавов – сульфид свинца, теплоэнергетики (ТЭС) – РЗЭ.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Соискателем выполнен большой объем современных исследований и получен обширный фактический материал на базе использования прецизионных методов в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам, их статистической обработки.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов. При непосредственном участии автора разработано методологическое направление, которое может быть включено в программы экологического мониторинга, проводимого на трансграничных территориях соседних государств, с использованием единой сети исследования, методики и технологии. Проведенная эколого-биогеохимическая оценка урбанизированных территорий, получившая отклик со стороны органов законодательной

и исполнительной власти г. Новосибирска, Роспотребнадзора, позволила определить масштабы воздействия и идентифицировать источники эмиссии. Материалы диссертационной работы используются в образовательном процессе в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, в рамках реализации учебных дисциплин «Методы исследования природной среды и экологический мониторинг», «Компьютерные технологии и статистические методы в экологии и природопользовании», «Основы биоминералогии», «Научноисследовательская работа в семестре» магистратуры по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование».

Содержание диссертации, её достоинства и завершенность. Диссертация Д.В. Юсупова состоит из 5 глав, введения и заключения, насыщена иллюстрациями (104 рисунка, в том числе диаграммы, построенные автором) и таблицами (50 табл.) и опирается на список литературы из 532 наименований. *Во введении* автор обосновывает актуальность темы, формулирует цель и задачи работы, приводит описание методик и полученной фактуры, подчеркивая новизну и практическую значимость, а также формулирует защищаемые положения и отражает основные результаты исследований. Следует отметить, что автору полностью удалось это осуществить.

В *главе 1* приведены обзоры по литературным данным о целях современной государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности, об указах Президента РФ, в том числе «О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» и о поставленных основных задачах для сохранения и восстановления природной среды, обеспечение качества окружающей среды, необходимого для благоприятной жизни человека и устойчивого развития экономики, ликвидация накопленного вреда окружающей среде вследствие хозяйственной и иной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата. Проведена трудоемкая, скрупулёзная работа по изучению большого количества научных материалов по современному развитию концепции биогеохимических провинций. Кратко изложены концепции биогеохимического и медико-экологического мониторинга, экологического риска, критических нагрузок и результаты международного научного проекта «TROICA». В выводах к данной главе сформулирован ряд проблем по эколого-геохимической оценки урбанизированных территорий. Обсуждая литературные данные, автор, к сожалению, допускает неточности формулировок определений и рассматривая часть вопросов, не сопоставляет материалы между собой. Например, в этой главе автор использует понятие «ноосфера»: «Биосфера Земли престала быть полностью саморегулируемой и самоорганизующейся системой и

перешла в новое качество – ноосферу.» С одной стороны, диссертант ссылается на В.И. Вернадского, который является одним из основателей теории о ноосфере, с другой стороны по определению В.И. Вернадского ноосфера - это *«такая стадия эволюции биосферы Земли, на которой взаимодействия человека с природой, начнут согласованно развиваться. Чтобы планировать экологические мероприятия, надо ясно представлять себе законы существования биосферы Земли и происходящие в ней преобразования»*. Вопрос к диссертанту – так достигла ли биосфера Земли стадии ноосферы? Согласовывает ли человечество все свои действия с законами Природы? Второй пример, в материалах этой главы перечислены химические элементы при определении техногенеза «Техногенез, как мощный антропогенный фактор, приводит к концентрированию одних химических элементов (Fe, Mg, Ag, V, Au, ЭПГ, РЗЭ) и рассеянию других (F, Al, Cr, As, Br, Hg, Pb, U) в биосфере». Набор элементов в выделенных группах вызывает много вопросов? По каким критериям и/или на базе каких используемых коэффициентов (технофильность элементов и др.) выделены группы концентрирования и рассеивания?

В начале главы 2 (*Методология биогеохимической индикации с использованием древесной растительности*) на ряде примеров показан опыт использования керна и листьев деревьев в биогеохимическом мониторинге на природных, урбанизированных и горнорудных территориях. Далее по тексту обосновывается выбор объектов исследования, перечисляются факты доказывающие, что листья тополя исключительно важный объект для биогеохимических исследований состояния атмосферного воздуха городских территорий. Достоверно определены средние региональные концентрации 29 химических элементов в сухом веществе листьев тополя, в представительной выборке проб, отобранных на территории 65 городов Сибири, Дальнего Востока и Казахстана. Установлена зависимость увеличения уровня среднего содержания ряда химических элементов от роста численности и плотности населения в городах. Приводится информация о методах проведения полевых и аналитических работ, обработки результатов и их анализа. Характеризуя всю совокупность используемых соискателем методов, следует отметить их разнообразие и корректность применения. Особо хочется отметить проведенные диссертантом опытно-методические работы по оценки влияния на величину концентраций элементов в листьях тополя: различных видов тополей, показателя зольности листьев тополя, листьев немых и мытых, от расположения листьев от высоты кроны тополя, изменение содержания элементов в листьях во времени. А также, сопоставления содержаний в листьях тополя с содержаниями в опаде, почве или содержание химических элементов в органах древесных растений. В связи с этим, материалы главы представляют не только описание суммы известных знаний о различных

аналитических и статистических методов с добавлением собственного фактического материала, но и оригинальные результаты автора, выполненные впервые.

Глава 3 (биогеохимические индикаторы геологической среды) посвящена выявлению региональных и локальных особенностей распределения и соотношения химических элементов в листьях тополя на урбанизированных территориях. На примере распределения Br, редкоземельных и других элементов в листьях тополя и в сопряженных природных средах на урбанизированных территориях автор показывает влияния геологических факторов (минерагении, «петрофонда», дефляции, эоловых процессов) в разных соотношениях с техногенными. Диссертантом установлено, что Br является биогеохимическим индикатором областей соленакопления на юге Западной Сибири и сопредельной территории Казахстана; возникновение болезни Кашина-Бека (уровская болезнь) не связано с одним химическим элементом; максимальное содержание редкоземельных элементов и Th в листьях тополя на правобережной территории г. Новосибирска связаны с наличием комплекса гранитоидных пород. В этой главе активно используется соотношение Zr/Ce как биохимический индикатор, отражающего ветровое привнесение минеральной пыли, на основании того, что индикаторное отношение Zr/Ce является отражением лучшей сохранности цирконов по сравнению с церийсодержащими минералами (монацитом). Но на территории Сибири, кроме монацита широко развит алунит (ортит) церийсодержащий минерал, твердость которого слабо отличается от циркона. Твердость циркона – 7-7,5; монацита – 5-5,5, алланита 7-6,5 (по шкале Мооса). В научных исследованиях чаще используется отношение Ti/Zr , почему автор не использовал данное соотношение?

В главе 4 (Биогеохимические индикаторы промышленного техногенеза) рассматриваются элементы-индикаторы атмосферного выпадения загрязняющих веществ на Российско-Казахстанской трансграничной территории, техногенных биогеохимических аномалий F, Br, Hg, U, РЗЭ на различных урбанизированных территориях, в зонах влияния разнопрофильных производств. Основная задача главы состоит в установлении повышенных и аномально высоких содержаний элементов в объектах окружающей среды различных урбанизированных территорий и в выяснении их генезиса. В начале главы соискатель показывает, что на территорию Алтая в процессе аэрогенного переноса более полувека поступают выбросы металлургических предприятий Восточно-Казахстанской области, в которых вместе с окисленной серой и азотом содержится большой спектр тяжелых металлов и токсичных элементов перерабатываемых полиметаллических руд. К этому материалу есть ряд вопросов. Автор утверждает, что дальность переноса рудных элементов значительно выше, чем породообразующих химических элементов. На

основании каких данных это получено непонятно? Почему в набор элементов, имеющих отношение к полиметаллическим рудам, попали Sn? W? При изложении материала автор все время ссылается на работы Робертуса Ю.В., которых нет в списке литературы и непонятно это сделано в соавторстве или это данные Ю.В.? Как автор отделил влияние полиметаллических месторождений всего Рудного Алтая, относящихся к хорошо известной редкометалльно-золото-полиметаллической провинции Большого Алтая, куда кстати и относятся месторождения Восточно-Казахстанской области. На Алтае также работают горно-обогатительные предприятия ((Рубцовское (с.Потеряевка), Алтайского (с. Горняк), Зареченского (г.Змеиногорск)).

Далее автор рассматривает «фтор как индикатор воздействия алюминиевых заводов» на примере г. Новокузнецка, брома – ряда городов Сибири и Казахстана, РЗЭ как индикатора нефтеперерабатывающего комплекса на примере Омска и Комсомольска-на-Амуре. Установлено, что биогеохимические ореолы Вг локализованы в зонах влияния крупных теплоэлектростанций, работающих на угле, их расположение согласуется с летними розами ветров исследованных территорий многих городов. На примере выявленного биогеохимического ореола Hg и U, соискатель рассматривает возможность их воздушного переноса на значительное расстояние за пределы промышленной площадки НЗХК (Новосибирск).

Особое внимание заслуживает глава 5 *«Минералогические индикаторы промышленного техногенеза»*, которая содержит описание минералогических индикаторов техногенного воздействия на окружающую среду горнодобывающих и обогатительных предприятий, предприятий ядерно-топливного цикла, алюминиевого, металлургического производства, топливно-энергетического комплекса. Шаг за шагом диссертант рассматривает минеральный состав наночастиц, присутствующий в/или на листьях тополя и показывает, что минеральный состав частиц отражает региональные и локальные масштабы воздействия на окружающую среду предприятий горнодобывающего комплекса, ядерно-топливного цикла, алюминиевой, нефтеперерабатывающей промышленности. Юсуповым Д.В. в данной главе подчеркивается важность наличие у растений механизмов, обеспечивающих устойчивость растений к токсическим веществам, благодаря которому происходит иммобилизация токсикантов в труднорастворимые неорганические соединения, не участвующие в физиологических процессах.

Из замечаний по оформлению работы – много ссылок на работы, которые не вошли в список литературы, а также оформление рисунков: часть информации приведены на английском языке, часть сокращенных надписей не расшифрованы в подрисуночных

подписях или в легендах. Имеются и другие ошибки оформления, снижающие качество работы.

Несмотря на высказанные замечания, большая часть из которых носит рекомендательный характер и/или пожелания для будущих исследований, есть все основания утверждать о выполнении всех задач, поставленных в диссертационной работе.

Материалы диссертации апробированы. Основные положения работы в разное время докладывались на 22 международных конференциях и опубликованы 54 опубликованных работах (в том числе в одной коллективной монографии), из которых 16 статей в рецензируемых журналах, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и (или) Web of Science, а также 11 статей в научных изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает важные её положения.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная работа «Методология биогеохимической индикации урбанизированных и горнопромышленных территорий на основе анализа древесной растительности», является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей пунктам 1.8, 1.12, 1.17 паспорта специальности 1.6.21 – Геоэкология (25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)), критериям Положения о присуждении ученых степеней ВАК Минобрнауки России, пунктам 2.1-2.5 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (приказ № 362-1/од от 28.12.2021 г.), а её автор – Юсупов Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (по новой номенклатуре ВАК – приказ Минобрнауки России от 24 февраля 2021 г. № 118).

доктор геолого-минералогических наук, профессор
кафедры минералогии и геохимии ГГФНУ
ведущий научный сотрудник, ИГМ СО РАН
e-mail: strahova@igm.nsc.ru
тел.: 8-383-330-81-10

5.04.2022

В.Д. Страховенко

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
ЗАВ. КАНИК ПЕРИСИ

2022 г.

Я, Страховенко Вера Дмитриевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.