

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию А.В. Таловской «Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого остатка снегового покрова)», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. – Геоэкология**

Актуальность и важность темы работы не вызывает сомнения. Диссертация посвящена решению одной из наиболее значимых научных проблем в области геоэкологии и геохимии, которые актуальны для территорий крупных промышленных городов и урбанизированных районов, подверженных интенсивному техногенному воздействию. Оно отражается в химическом составе атмосферных аэрозолей, которые осаждаются в виде твердых частиц на снежный покров, выступающий как депонирующая среда и индикатор загрязнения.

В основу диссертационной работы положен большой и разноплановый фактический материал, собранный и обработанный автором во время проведения многолетних (2001-2019 гг.) полевых и лабораторно-аналитических исследований на обширной территории юга Сибири. Отбор проб снега и сопутствующего фактического материала выполнялся в следующих областях (городах): Томской (гг. Томск, Северск, Асино, Стрежевой, Колпашево и 113 сельских населенных пунктах), Кемеровской (гг. Кемерово, Юрга, Междуреченск, Новокузнецк, Кисилевск, Топки, Мыски), Омской (г. Омск) и Новосибирской (г. Искитим); в Красноярском крае (гг. Красноярск, Ачинск) и в Республике Хакасия (гг. Сорск, Черногорск), а также в Павлодарской (г. Павлодар), Восточно-Казахстанской (г. Усть-Каменогорск) областях Республики Казахстан. На территории 10 городов проведена площадная снегогеохимическая съемка масштаба 1:50000 и 1:100000. Всего собрано 2056 проб снежного покрова (с суммарным весом проб около 35 т). Работы проводились при поддержке 12 грантов, 6 из которых выполнены под руководством автора.

Диссертация изложена на 373 стр. текста, состоит из введения, 7 глав, заключения, содержит 109 таблиц, 113 рисунков. Список литературы включает 643 источника, в т.ч. 136 – на иностранном языке. Во введении изложены актуальность темы, цель и задачи исследования, научная новизна, защищаемые положения и другие необходимые сведения о диссертации. В главе 1 на основе литературного обзора изложены современные представления об атмосферных аэрозолях и снежном покрове как депонирующей среде. В главе 2 описаны природные и геоэкологические условия на изучаемых территориях. Глава 3 содержит сведения о методике отбора проб снега, аналитических методах исследования состава нерастворимого остатка снега и снеговой воды, методику обработки данных и описание эксперимента по методу биотестирования. В главе 4 приводятся результаты изучения уровней пылевой нагрузки с широким спектром химических элементов (от Li до U)

в природных и техногенных образованиях юга Сибири. В главе 5 рассмотрены геохимические и минерально-вещественные особенности состава нерастворимого остатка снежного покрова в зоне воздействия предприятий теплоэнергетики юга Западной Сибири. Глава 6 посвящена эколого-геохимическому районированию территории Томской области по данным о химическом составе нерастворимого остатка снежного покрова. Типизация урбанизированных территорий юга Сибири по атмотехногенному воздействию на среду проживания человека приводится в главе 7. Заключение содержит выводы и некоторые практические рекомендации.

#### **Основные достижения, научная новизна полученных результатов и выводов.**

Одним из несомненных достоинств диссертации А.В. Таловской является использование в своей работе широкого спектра самых современных химико-аналитических методов исследования: нейтронно-активационного, f-радиографии, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, атомной абсорбции и др., которые дополняют исследования минерально-фазового состава твердой фазы снега с помощью рентгеновской дифрактометрии и электронной сканирующей микроскопии. В результате диссертантке удалось существенно расширить список изучаемых элементов, в которых вошли не только традиционно определяемые макроэлементы, тяжелые металлы и металлоиды, но и слабоизученные редкоземельные элементы, а также делящиеся радиоактивные компоненты. Автором получен патент на изобретение «Способ определения загрязненности снегового покрова радиоактивными компонентами». Измерения проводились в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам с использованием стандартных образцов, что обеспечило высокую точность и сходимость результатов анализов. Методом биотестирования определялось биологическое влияние нерастворимого осадка снежного покрова на дрозофилы (*Drosophila melanogaster*) и простейшие микроорганизмы – инфузории-туфельки (*Paramecium caudatum*) в лабораториях Сибирского государственного медицинского университета (г.Томск).

А.В. Таловской успешно решены все поставленные в работе задачи, что позволило получить ряд принципиально новых научных результатов в области экогеохимии атмосферных выпадений на урбанизированных территориях юга Сибири. Геохимические исследования последовательно реализованы на трех пространственных уровнях: региональном, в пределах крупного города с многопрофильной промышленностью (на примере Томска) и в зонах воздействия предприятий теплоэнергетики.

Многие положения и аспекты работы являются несомненными достижениями.

Впервые в атмосфере городов юга Сибири с разными условиями техногенеза изучены закономерности распределения пылевой нагрузки, состоящей из широкого спектра

химических элементов и техногенных образований. Исследование нерастворимого осадка в снежном покрове показало, что пылевая нагрузка на территории городов юга Сибири варьирует от 8,7 до 100 мг/(м<sup>2</sup> сут.), а в зонах воздействия промышленных предприятий – от 38 до 1054 мг/(м<sup>2</sup> сут.), что формирует на урбанизированных территориях средний (60-240) и высокий (240-600 / (м<sup>2</sup> сут.)) уровни пылевой нагрузки относительно фона. Прослежены изменения пылевой нагрузки в зависимости от расстояния до источников выбросов.

Для городов юга Сибири получена характеристика геохимического воздействия на снежный покров предприятий угле-, нефте- и горнодобывающей, теплоэнергетической, нефтеперерабатывающей, металлургической, машиностроительной, стройиндустрии, включая большой набор макроэлементов, тяжелых металлов, редкоземельных элементов и радионуклидов. В зонах техногенеза выявлены индикаторные химические элементы и их ассоциации в твердой фазе снега, характеризующие специфику разных производств и имеющие разные уровни отношения элементов (La+Ce)/(Yb+Lu), Th/U.

Заслуживает внимания дополнение геохимических показателей техногенеза минерально-вещественными характеристиками твердой фазы снега. Изучены минеральные техногенные образования и их соотношение с природными. Определены минералы, входящие в состав микроминеральных фаз, микрочастиц металлов и металлоидов и промышленной пыли. На этой основе составлена эталонная коллекция возможных видов природных и техногенных частиц в твердой фазе снежного покрова, получен патент на изобретение оригинального способа определения загрязненности снежного покрова техногенными компонентами.

На примере г. Томска проанализированы пространственно-временные тренды в пылевой нагрузке и химическом составе твердой фазы в снежном покрове. В зависимости от деятельности предприятий различных отраслей промышленности выявлено уменьшение или увеличение содержания тех или иных химических элементов на территории города и охарактеризована геохимическая специфика выбросов нефтехимического комбината, ГРЭС, кирпичных заводов и др. Изучена пространственно-временная изменчивость пылевой нагрузки в связи с формированием геохимических ореолов в снежном покрове Томска, одного из крупных промышленных городов юга Западной Сибири. Выполнена геохимическая оценка редкометалльной (лантаноиды, Y, Sc, U, Th, Nb, Hf, Ta, Ge, Ga, Zr) и ртутной техногенной специализации нерастворимого остатка в снежном покрове и установлены индикаторные показатели отношения микроминеральных фаз (муллит/кварц), содержания техногенных микросферул, микрочастиц редкоземельного и уранового состава. Экологическая опасность воздействия загрязнения на биоту определена путем биотестирования, а риска здоровью населения от ингаляционного воздействия – путем

оценки распределения биодоступных форм металлов в легочной и кишечной жидкостях.

Детально рассмотрены геохимические и минерально-вещественные особенности состава нерастворимого осадка снежного покрова в зоне влияния крупных предприятий теплоэнергетики на юге Западной Сибири. В результате получен целый ряд новых результатов, характеризующих выпадения пыли в зависимости от расстояния от трубы, индикаторный спектр элементов в зависимости от используемого топлива и их концентрации в твердой фазе снега. Выявлены высокие уровни накопления редкоземельных, редких и радиоактивных элементов и их ассоциации в зоне воздействия изучаемых ТЭС, подробно описана геохимическая специализация каждой ТЭС. Особый интерес представляет информация о техногенных образованиях, связанных с деятельностью предприятий теплоэнергетики и представленных угольными и сажеподобными частицами, золой и шлаком, микросферулами разного состава, микрофазами муллита и частицами, содержащими оксиды урана, цериевые и иттриевые фосфаты. Предложено индикаторное отношение муллит/кварц, которое является маркером сжигания угля. На основе анализа данных многолетнего (2005, 2009-2016 гг.) эколого-геохимического мониторинга в импактной зоне ГРЭС-2 г. Томска выявлены элементы, повышенный уровень накопления которых наблюдается при увеличении доли в топливе угля или природного газа, что позволяет более определенно судить о геохимической специализации этих видов топлива.

Исследования нерастворимого осадка в снежном покрове урбанизированных территорий дополняются данными о содержании химических элементов в жидкой фазе снега. Показано, что в техногенных условиях многие элементы снижают свою подвижность, что подтверждает важность изучения, в первую очередь, твердофазных форм поллютантов.

Впервые диссертанткой проведено эколого-геохимическое районирование территории Томской области по составу нерастворимого осадка в снежном покрове. Анализ пространственного распределения химических элементов в снежном покрове показал качественные различия в контрастности аномалий и составе поллютантов на территории Томской области. Наиболее выраженные аномалии обнаружены в Томск-Северской городской агломерации с многопрофильной промышленностью, где размещены предприятия ядерно-топливного цикла, и котельные, работающие на углях.

Путем обобщения обширного материала о городах и крупных промзонах на юге Сибири разработаны подходы к типизации урбанизированных районов юга Сибири в зависимости от промышленного освоения и урбанизации территории, пылевой нагрузки, химического и минерально-вещественного состава и атмотехногенного воздействия аэрозолей. Впервые получена детальная геохимическая характеристика 34 городов юга Сибири по большому набору показателей, характеризующих уровень техногенного

воздействия промышленных предприятий различных отраслей и состав их выбросов, включая концентрацию редких и радиоактивных элементов, преобладающие техногенные частицы-индикаторы и сопутствующие минералы, а также металлсодержащие микрочастицы. Таким образом составлен геохимический портрет городов региона, охватывающего несколько крупных областей юга Сибири, что, несомненно, является большим достижением диссертантки.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Диссертационная работа А.В.Таловской базируется на большом, разнообразном и по многим аспектам новом фактическом материале, что обогащает и развивает целый ряд современных научных направлений, таких как геохимия окружающей среды, экологическая минералогия и геоэкология. Полученные материалы по геохимической и минерально-вещественной специализации состава твердого остатка в снежном покрове урбанизированных территорий юга Сибири обеспечивают идентификацию источников атмосферных аэрозолей и позволяют выделить геоиндикаторы изменения атмосферы в связи с техногенным влиянием, что имеет большое теоретическое и практическое значение. Следует особо подчеркнуть, что работа А.В. Таловской вносит значительный вклад в исследования поведения в окружающей среде редкоземельных элементов и радионуклидов, данные о которых в настоящее время явно недостаточны для решения геоэкологических задач.

Диссертанткой выполнено районирование территории Томской области на основе данных о химическом составе нерастворимого остатка в снежном покрове, разработаны и апробированы подходы к типизации урбанизированных территорий юга Сибири по атмотехногенному воздействию на среду проживания населения. Дана оценка риска здоровью населения от ингаляционного воздействия ряда химических элементов по результатам биотестирования нерастворимого осадка снежного покрова на простейшие микроорганизмы, что позволило выявить негативное влияние твердых частиц аэрозолей на состояние живых организмов.

Результаты работы А.В. Таловской дают теоретическую основу для развития методов эколого-геохимического мониторинга и оценки состояния урбанизированных территорий, прогноза его изменений, обоснования мероприятий по уменьшению аэротехногенного загрязнения и риска здоровью городских жителей от аэрозольного загрязнения воздуха.

Теоретическую и практическую значимость диссертационной работы подтверждают 4 патента и свидетельства о госрегистрации базы данных, использование материалов автора в практической деятельности ряда предприятий и организаций на территории исследуемого региона, при выполнении ряда проектов и договоров, а также в образовательном процессе в Томском политехническом университете.

**Замечания по работе.** Наряду с несомненными достоинствами, которыми обладает данная работа, посвященная столь сложной и значимой проблеме, к ее отдельным частям имеется ряд замечаний и вопросов:

1. В главах 1 и 2 путаница со слабокислым, нейтральным и слабощелочным диапазонами значений реакции среды pH.
2. При статистической обработке данных значения ураганных содержаний химических элементов в пробах пыли были заменены на максимальные значения в изучаемой выборке. Эта процедура требует пояснений.
3. Во всей диссертации карты и карто-схемы (рис. 2.2.1; 2.2.2; 2.2.5; 3.1.2; 4.1.1; 4.2.5 и др.) слишком мелкие, плохо читаемые, в легендах отражены не все условные обозначения, цветовые оттенки различных контуров в некоторых картах плохо подобраны и практически неразличимы или трудно различимы (например, на рис.4.3.1). На рис. 7.2.4 уровни загрязнения техногенными образованиями отражены не только в виде доли техногенных частиц, но и в виде доли природных частиц, хотя очевидно, что это дополняющие друг друга показатели.
4. Неясно, как определялся уровень техногенной напряженности для отдельных территорий (с. 230).
5. Подраздел 1 главы 2 (с. 32-38), посвящен основным чертам природно-климатических условий территории юга Сибири. Подраздел правильнее назвать природные (а не природно-климатические) условия, т.к. климат является их составной частью. В нем приводятся только природные (зональные) характеристики, тогда как в работе рассматриваются урбанизированные районы юга Сибири, в которых все компоненты ландшафта в той или иной степени трансформированы техногенезом и отличаются от природных аналогов. Утверждается, что на этих территориях развиты природные типы почв – черноземы, каштановые и другие типы (с. 34), морфология, свойства и режимы которых не нарушены. Изменения природной обстановки в городах юга Сибири под воздействием техногенеза в главе не рассматриваются. При этом текст подраздела 1 частично повторяется в главе 6 (с. 220-224).
6. Эколого-геохимическое районирование территории Томской области и типизация урбанизированных территорий юга Сибири, проведенные автором по атмотехногенному воздействию на среду проживания населения, базируются исключительно на оценке техногенных факторов. Это оправданно, т.к. геохимическая специфика урбанизированных территорий формируется, в первую очередь, под воздействием техногенных факторов (Геохимия городских ландшафтов, 1995; Касимов, 2013 и др.). Однако в дальнейшем, на более низких уровнях типологии необходимо оценить и учесть зональные

(биоклиматические) и региональные (ландшафтно-геохимические) условия природной среды, влияющие на химический состав аэрозолей и уровни атмосферных выпадений.

7. В параметры для оценки экологического состояния урбанизированных территорий (с.280) под воздействием аэрозольного загрязнения наряду с пылевой нагрузкой и эколого-геохимическими параметрами включены статистические показатели (коэффициенты корреляции, уровни значимости статистических различий между выборками и т.п.), с чем нельзя согласиться, т.к. они играют вспомогательную роль, обеспечивая статистическую обоснованность (значимость) геохимических результатов и выводов.

8. Имеется ряд мелких замечаний частного характера. Так, названия химических элементов в тексте приводятся по-разному (и словами и химическими символами) и часто они даются «вперемежку» (с. 122 и др.), что затрудняет чтение материала; имеются небольшие стилистические и орфографические погрешности и неточности в тексте (с. 27, 30, 33, 34, 43, 48, 56, 57, 112 и др.); в литературе работа Шевченко В.П. (под № 459) повторена дважды.

**Общее заключение и публикации по диссертации.** Оценивая диссертацию в целом, можно сделать заключение, что высказанные замечания не снижают общего хорошего впечатления от работы и не умаляют ее основных достоинств. К тому же по ряду аспектов замечания носят характер пожеланий автору для их учета в дальнейших исследованиях.

Работа А.В. Галовской содержательна и интересна, оценивается высоко, имеет теоретическую значимость и практическую ценность, отличается новизной положенных в основу работы данных по геохимии урбанизированных территорий юга Сибири и их теоретическим обобщением.

Результаты работы докладывались автором на 67 международных, 35 всероссийских и 5 региональных научных конференциях, симпозиумах и совещаниях. По теме диссертации опубликовано 255 работ, в том числе 59 публикаций в российских и зарубежных рецензируемых изданиях, включая 15 – в журналах, индексируемых в базах Scopus и (или) Wos и 36 статей – в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России. В соавторстве изданы: 1 монография, 4 учебных пособия, из них 2 – на английском языке. По данным диссертации автором получены 2 патента РФ на изобретение, патент на полезную модель и свидетельство на базу данных.

Диссертационная работа А.В.Галовской является законченным научным исследованием в области геоэкологии, ее отличает высокий научный уровень. В работе решена крупная и слабо изученная проблема, что вносит существенный вклад в дальнейшее развитие не только геоэкологии, но и геохимии окружающей среды на урбанизированных территориях. Автор показал глубокое владение разноплановым экогеохимическим материалом. Диссертация написана хорошим литературным языком, включает большой иллюстративный и

графический материал, облегчающий анализ, оценку и восприятие полученных данных.

Автореферат и опубликованные работы автора полностью отражают содержание диссертации.

Диссертация А.В. Таловской отвечает всем требованиям ВАК Российской Федерации, соответствует п.п. 2.1–2.5 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, утвержденном Приказом ректора ТПУ № 362-1/од от 28.12.2021, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология.

Доктор географических наук по специальности 25.00.23, профессор кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета Московского Государственного Университета имени М.В.Ломоносова, 119991 Москва, Ленинские горы, д. 1, МГУ. Тел. 8-495-939-1111, e-mail: natalk@mail.ru.

*М*

Наталья Евгеньевна Кошелева

Я, Кошелева Наталья Евгеньевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

11 мая 2022 г.

*С. Г. ... чл. д. н. ...*  
*Э*

*Ирина М. В. Кошелева*



*1*  
*2056*