

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения «Институт
глобального климата и экологии имени
академика ЮА. Израэля»,
член-корреспондент РАН,
доктор биологических наук



А.А. Романовская

« 07 » апреля 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шиховцева Максима Юрьевича

«Пространственно-временное распределение аэрозольных и газовых примесей

в приземном слое атмосферы южного Прибайкалья»,

представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук

по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Шиховцева М.Ю. выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук. Она посвящена исследованию наблюдаемого распределения атмосферных примесей в районах Южного Прибайкалья и юга акватории озера Байкал, изучению факторов, формирующих пространственно-временные особенности содержания газовых и аэрозольных веществ в воздушном бассейне региона, анализу и оценке роли возможных источников выбросов в формировании сезонной динамики и краткосрочной изменчивости концентраций ряда основных загрязняющих веществ над акваторией и побережьем Южного Байкала по данным наблюдений, полученных с участием автора. В работе также представлены результаты использования новых средств измерений для дополнения информационной базы мониторинга загрязнения атмосферы, анализ их возможностей для исследования региональных уровней загрязнения и перспективы применения для научных исследований.

Исторически и в логике социально-экономического развития страны система станций мониторинга загрязнения атмосферы (МЗА), входящая в состав государственной наблюдательной сети Росгидромета, в основном развивалась в городах и в районах интенсивного промышленного развития, ориентируясь на осуществление контроля уровня

загрязнения, допустимого с точки зрения санитарно-эпидемиологических нормативов для условий жизни людей в городах и населенных пунктах. Используемые методы отбора и анализа проб, требования к размещению станций наблюдения, средства измерений с относительно высокими пределами обнаружения и протоколы использования результатов не позволяют использовать МЗА для исследований и мониторинга загрязнений природных территорий, в том числе, имеющих особую ценность как в национальном, так и международном аспекте. К числу таких относится регион озера Байкал, для охраны природы и устойчивого развития которого в условиях возрастающей антропогенной нагрузки организованы мероприятия государственных программ, Федеральный проект «Сохранение озера Байкал», исследования научных институтов. Автором представлены новые результаты работ по изучению атмосферного содержания атмосферных примесей, в том числе антропогенного происхождения, полученные им в сотрудничестве с широко известным коллективом ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук. Широкий охват использованных автором направлений включает в себя обработку и интерпретацию данных продолжительных наблюдений на научных станциях за малыми газовыми примесями (оксиды серы и азота) и аэрозолями мелких фракций, получение новых собственных данных в дополнительных пунктах с применением новых сенсорных приборов и проведение с их помощью детального исследования переноса и пространственного распределения аэрозольных частиц, исследование динамики и изменчивости уровней концентраций с использованием метеорологических данных, сведений о вертикальной структуре и состоянии пограничного слоя, результатов траекторного анализа. Также приведено и используется значительное количество полученных статистических оценок как по результатам измерения, так и связей между рядами данных концентраций и факторами, влияющими на уровень значений, что выгодно отличает представленное исследование от других работ, на которые ссылается автор в диссертации. Детально проведен регрессионный анализ сезонных рядов данных наблюдений, а также анализ эпизодов повышенного загрязнения, формируемого в исследуемых районах за счет неблагоприятных метеорологических условий переноса и рассеивания выбросов от промышленных территорий Иркутской области.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. На отзыв ведущей организации был представлен текст диссертации объемом 180 страниц, включая 55 рисунков и библиографический список из 313 наименований (на 38 стр.). Также был рассмотрен автореферат объемом 24 стр.

Актуальность темы работы рассмотрена во введении и подтверждается описанием существующих проблем региона озера Байкал, важного с точки зрения сохранения уникальности и устойчивости природных систем в условиях растущего антропогенного воздействия: недостаточность информации о состоянии загрязнения воздушного бассейна, показанное научными исследованиями изменение химического состава атмосферных выпадений и, как следствие, вод рек юга региона, значительная роль дальнего атмосферного переноса и рост вклада лесных пожаров в загрязнение атмосферы. Приведены ссылки на результаты исследований, а также на государственные программы и федеральные проекты, направленные на сохранение и защиту природы Байкала, являющегося объектом всемирного природного наследия.

Во введении автором сформулированы ответы на все структурированные требования к диссертации, рассматриваемой ВАК как научно-квалификационная работа.

Целью работы поставлено изучение и оценка возможных изменений состояния атмосферы над акваторией Южного Байкала, что на наш взгляд сформулировано слишком широко, как с точки зрения предмета исследования, так и в целом по существующим направлениям наук об атмосфере и климате. Сформулированные задачи в достаточной степени ограничивают область исследований и конкретизируют их характер, чтобы можно было оценить, как были поняты цели для диссертации.

В введении прописан личный вклад автора, но не совсем четко, однако его можно определить значительно полнее и яснее по тексту диссертации при изложении результатов. Разработка подхода, большая самостоятельная организационная и экспериментальная работа по получению новых данных наблюдений на дополнительных пунктах является значительной личной частью исследований. Также несомненно исключительна роль автора в исследовании метеорологических аспектов при анализе и оценке данных других видов наблюдений, проведение которых было в составе коллектива института.

Практическая значимость результатов подтверждается их применением в отчетах по НИР, по грантам РНФ и Минобрнауки России. Как одно из достаточно обширных по охвату территории исследование, связанное с атмосферными процессами, оно предоставляет хорошо обработанный материал для использования в области моделирования загрязнения атмосферы региона, для получения оценок антропогенного воздействия на экосистемы региона, а также в обучении в области экологии и природопользования.

В первой главе приведен обзор базовых сведений, относящихся к предмету диссертации, посвященный аэрозольным частицам и малым газовым примесям с точки

зрения их свойств, происхождения, источников поступления в атмосферу, влияние на загрязнение окружающей среды; рассмотрены современные методы измерений уровня загрязнения атмосферы, проблемы и возможности использования ряда из них, а также уточнены масштабы метеорологических процессов для выбора подходов в исследовании учета влияния метеорологических условий на уровень загрязнения атмосферы. В конце на основе выполненного автором анализа проблем загрязнения атмосфера сформулированы цель и задачи исследования в приложении к региону Южного Прибайкалья и с учетом имеющихся возможностей для проведения работ.

Во **второй главе** рассматривается методический подход, который автор пытался сформулировать в целом для всего комплекса исследований в своей диссертации. Представленная общая схема не является новой, однако ее нацеленность на получение оптимизированной сети мониторинга и проведение многофакторной оценки состояния атмосферы определяет ее современность, особенно при наличии возможности использования всех компонентов в одном исследовании. Приведены краткие обзоры примеров составляющих схемы по литературным данным. При сравнении методов отборов и измерений наземного мониторинга приведено описание использования устройств-сенсоров, с использованием большого количества ссылок на исследования с их применением, указанием преимуществ и недостатков. Сведения завершаются выводом о том, что при предоставлении данных худшего качества, чем эталонные приборы, low-cost сенсоры за счет обеспечения высокого пространственно-временного разрешения результатов подходят для расширения сетей мониторинга качества воздуха, упрощая поиск наиболее загрязненных мест, выявление источников загрязнения атмосферы и проведение интерполяции. В указанной главе автор применяет предложенную схему методического подхода к анализу информации о Южном Прибайкалье, о действующих на этой территории антропогенных и природных факторах формирования уровней загрязнения для адаптации автоматического мониторинга газовых и аэрозольных примесей. Получены сведения, проанализированы и детально описаны региональные метеорологические условия турбулентности, сильных течений, на современном уровне исследований проведено использование траекторного анализа для оценки направлений и повторяемости атмосферных переносов от возможных источников и в районы проведения наблюдений за загрязнением атмосферы. По результатам сопряженных работ приведены картины пространственного распределения концентраций ряда веществ в атмосферных осадках, снежном покрове, в столбе тропосферы (по данным спутникового зондирования).

Глава завершается описанием сети постов и оборудования для измерений газовых и аэрозольных примесей, результаты наблюдений которых за несколько лет были использованы автором для исследования состояния загрязнения атмосферы Южного Байкала.

В **третьей главе** анализируются временные и частотные характеристики содержания твердых частиц (PM_{10} , $PM_{2.5}$ и PM_{10}) в атмосфере на пунктах наблюдений Южного Прибайкалья по данным лазерного фотометра (ст. Листвянка) и сенсоров. По результатам обработки регулярных и экспериментальных измерений определена годовая динамика частиц разного размера, ее вариации по величине. Некоторым недостатком кажется стремление автора выявить и описать главным образом различия в наблюдениях, сделать упор на указание возникновения высоких значений, анализ короткопериодных вариаций, в то время как систематизация и поиск количественных характеристик осредненного (наиболее вероятного) уровня содержания веществ в разные сезоны и его изменения в границах области исследования могут иметь более важное значение, в том числе и для практического применения результатов.

В **четвертой главе** автором представлен проведенный анализ четырехлетних непрерывных измерений SO_2 , NO и NO_2 , на двух опорных пунктах наблюдения «Иркутск» и «Листвянка». Проведенные исследования на базе использования большого массива результатов, полученных с 20-минутным и даже 10-минутным (для Листвянки) осреднением, доказали связь годовых изменений уровня загрязнения воздуха этими газами с сезонным ходом температуры и осадков (то есть, с ростом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в отопительный сезон и сильным ослаблением вымывания в холодный период в условиях континентального климата), усиливаемую влиянием частых приземных инверсий и другими факторами, влияющими на рассеивание выброшенных газов при переносе от источников. Получены многочисленные и интересные результаты оценки изменений концентраций газовых оксидов азота и серы, от недельных и суточных до часовых, анализ которых проведен с использованием набора дополнительных характеристик, полученных при обработке метеоданных: параметров турбулентности, профилей температуры и ветра, траекторий перемещения воздуха и других, - а также с использованием непараметрической рецепторной модели регрессии ветра (NWR) для 10-минутных концентраций примесей.

Раздел 4.5 выбивается из общей направленности исследования регионального загрязнения, так как построен на данных сети Росгидромета в городах (кроме

п. Листвянка и, может быть, п. Байкальск). Вероятно, подзадачей для материала ставилось указать связь (или ее отсутствие) изменений в годовом ходе концентраций в негородских условиях Прибайкалья с характером их динамики в городах, но анализ оказался описательный и не соответствовал общему характеру предыдущих разделов главы.

В **заключении** соискатель сформулировал лист основных научных и практических результатов, которые были получены при подготовке научно-квалификационной работы. В целом они соответствуют поставленным задачам исследования и направлениям достижения заявленной цели, сжато формулируются сведения и выводы, изложенные в главах диссертации.

Приходится отметить, что, несмотря на заявленную оригинальность, методический подход можно скорее отнести к современным и уже предложенным ранее теоретически, а уникальность в данном случае состоит главным образом в том, что автор попытался реализовать его в работе весь целиком, с использованием дополнительной информации в виде собственных данных, результатов обработки метеорологических архивов, сведений экологического характера из региональных источников. В ходе исследований автор по факту формулирует и развивает комплексный подход, включающий мониторинг, инвентаризацию выбросов от основных источников, оценку переноса и рассеяния примесей в атмосфере, применяет траекторный подход для оценки дальнего переноса, и данные профилемеров для оценки возможностей вертикального перемешивания. Весь этот комплексный охват является большой заслугой автора проделанной работы. При этом минусом становится понимание, что для читателей идея комплексного исследования вырисовывается в ходе очень внимательного чтения диссертации, тогда как ее представление должно бы быть явно написано там, где автор формулирует цели и задачи. Из-за отсутствия такого четкого формулирования создаётся впечатление, что автор решает параллельно отдельные задачи, важные, интересные и полезные сами по себе, но не связанные единой идеей.

Научная новизна и практическая значимость результатов работы не вызывают сомнений, из них, на наш взгляд, можно выделить следующие:

Показано, что при существовании ряда вопросов к методике использования малых сенсоров (LCS) их применение позволяет существенно расширить количество пространственных данных и с хорошим временным разрешением, а следовательно и качество исследований в области загрязнения атмосферы, при относительно небольших затратах сил и средств; дальнейшее совершенствование LCS также будет способствовать

развитию моделей совместного использования данных, получаемых разными методами, включая создаваемые с помощью машинного обучения.

Результаты использования метеорологических данных и большого числа рассчитанных на их основе параметров, характеризующих условия рассеивания и переноса, для оценки уровней и изменчивости концентраций загрязняющих веществ в регионе с сложным составом подстилающей поверхности и распределением источников загрязнения впервые детально показали генезис и масштабы вариаций содержания малых газовых и аэрозольных примесей в атмосфере Южного Байкала в зависимости от метеорологических условий; результаты работы могут быть использованы для оценки степени воздействия загрязнения воздуха на лесные экосистемы, прогноза изменения уровней регионального загрязнения и экологической обстановки, в том числе, в случае появления проектов размещения крупных промышленных производств в отдельных районах Восточной Сибири и на приграничных территориях Восточной Азии.

Новизна и важность научных результатов подтверждена наличием у М.Ю. Шиховцева публикаций по теме диссертации в ведущих профильных научных журналах и трудах конференций, входящих в наукометрические базы РИНЦ, списки изданий ВАК, RSCI, SCOPUS и др.

Апробация работы была проведена при представлении основных результатов в докладах по теме диссертации в 2000-2023 гг. на 15 конференциях различного уровня, в виде публикаций в 20 статьях, в том числе 6 публикаций в журналах из перечня ВАК по специальности.

Автореферат соответствует требованиям п.25 Положения о присуждении ученых степеней и в целом полно отражает содержание диссертационной работы.

В ходе обсуждения работы в дополнение к указанному ранее высказаны следующие замечания, из них некоторые относятся к автореферату:

1. В системе ГНС станциями наблюдения являются подразделения, осуществляющие постоянные наблюдения, в том числе, сопутствующие измерения, располагающие установленным приказами штатом наблюдателей, и др. Поэтому при описании используемой сети наблюдений лучше говорить о «пунктах измерений» (раздел 2.8.7 и другие).

2. В описаниях «особенностей» данных таблицы 4.1 автор не обращает должного внимания на графики на рис. 4.1, где очевидно, что повторяемость значений концентраций не соответствует нормальному распределению, поэтому объяснение «второй» особенности

можно признать поверхностным, а «четвертой» - не учитывающим статистические распределения.

3. При анализе влияния метеорологических особенностей атмосферы (разделы 4.2 и 4.3) автор уделяет большое внимание условиям формирования высоких и повышенных концентраций на стационарах наблюдения (ст. «Листвянка»), с отсылкой на роль источников выбросов в городах (при внутрирегиональном переносе) или от локальных, в районе наблюдений. При этом отсутствуют оценки: какой вклад этих случаев в ряд наблюдений, или - в формирование среднего содержания загрязняющих веществ за периоды, когда (например) оценивается уровень антропогенного воздействия на природные объекты?

4. На рис 4.2 приведены данные также для пункта Танхой, который не упоминался в разделе, и его данные в этом разделе не анализировались.

5. В отдельных местах не очень хорошо продуманы и многословны названия некоторых рисунков (4.2-4.4); вместо общепринятого термина «турбулентные потоки тепла» использованы «турбулентные потоки температуры воздуха» (Рис.4.8).

6. Иногда в тексте используются странные термины: «неотопительный (сезон)», «нетипичные значения», «второго повышения для аэрозольных частиц», «фрахтующихся судов», - которые являются необъясняемым слэнгом, при этом расшифровка некоторых сокращений, например, ЦЭЗ, ПАУ, выявляется по ходу чтения. Кажется досадным, что из-за большого количества материала в 4 й главе существует заметное количество опечаток, в том числе, в использовании аббревиатуры модели для анализа

Перечисленные замечания относятся в основном к особенностям изложения и не снижают положительную оценку исследования и его результатов, представленного в диссертации М.Ю. Шиховцева. Диссертация написана грамотным научным языком, достаточно хорошо иллюстрирована. Полученные в работе результаты достоверны, выводы обоснованы и соответствуют содержанию диссертации.

Заключение. Диссертация Шиховцева Максима Юрьевича «Пространственно-временное распределение аэрозольных и газовых примесей в приземном слое атмосферы южного Прибайкалья» представляет собой завершённую научно-квалификационную исследовательскую работу на актуальную тему, решающую научные задачи в области исследования и оценки загрязнения атмосферы, соответствует **паспорту научной специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате**, отвечает требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 16.10.2024, с изм. и доп., вступившими в силу с 1.01.2025 г.) и ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Шиховцев Максим Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Отзыв составлен заместителем директора ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля», ведущим научным сотрудником, кандидатом географических наук Громовым Сергеем Аркадьевичем.

Диссертационная работа Шиховцева М.Ю. и отзыв на нее обсуждались и были одобрены на заседании межотдельского научного семинара Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» 4 апреля 2025 года.



Громов Сергей Аркадьевич,

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник,

заместитель директора ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»,

107258, Москва, ул. Глебовская, 20Б. Телефон: +7 499 160-59-07

e-mail: sergey.gromov@igce.ru,

Веб-сайт: www.igce.ru