



УТВЕРЖДАЮ

Директор ЛИН СО РАН

д.т.м.н. А.П. Федотову

21 ноября 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Лимнологического института Сибирского отделения
Российской академии наук (ЛИН СО РАН)

Диссертация «Пространственно-временное распределение аэрозольных и газовых примесей в приземном слое атмосферы Южного Прибайкалья» выполнена в ЛИН СО РАН.

М. Ю. Шиховцев окончил Иркутский государственный университет: в 2019 году бакалавриат по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование», в 2021 году магистратуру по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование».

В 2021-2024 гг. М. Ю. Шиховцев проходил обучение в аспирантуре ЛИН СО РАН. Освоил программу подготовки научно-педагогических кадров по направлению 05.06.01 «Науки о Земле». 26.07.2024 г. ему была присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». 07.10.2024 г. выдана справка о сдаче экзаменов по дисциплинам «История и философия науки», «Иностранный язык (английский)», «Науки об атмосфере и климате (Науки о Земле)».

В период написания диссертации соискатель работал и работает в настоящее время в лаборатории гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СО РАН.

Научное руководство соискателем осуществлял кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СО РАН Елена Владимировна Моложникова.

Диссертационная работа Максима Юрьевича Шиховцева была рассмотрена на расширенном заседании Ученого совета ЛИН СО РАН и на основе этого заседания было принято следующее заключение:

Диссертационная работа М.Ю. Шиховцева на тему «Пространственно-временное распределение аэрозольных и газовых примесей в приземном слое атмосферы Южного Прибайкалья» посвящена анализу содержания газовых и аэрозольных примесей в атмосфере Южного Прибайкалья.

Максимом Юрьевичем был разработан оригинальный методический подход, направленный на создание или оптимизацию существующей системы мониторинга атмосферы. Расширена существующая сеть мониторинга за малыми газовыми и аэрозольными примесями в атмосфере Южного Байкала. Получены и проанализированы сезонные, недельные и суточные вариации содержания малых газовых и аэрозольных примесей в атмосфере Южного Байкала. Выявлены природные и антропогенные факторы, которые влияют на формирование областей загрязнения в атмосфере исследуемого региона.

Личный вклад соискателя.

Автор принимал участие на всех этапах настоящего исследования: в постановке задач, в поиске возможных способов их решения, в экспериментальных и численных исследованиях, а также в обсуждении полученных результатов.

Автор непосредственно участвовал в работах по установке измерительного оборудования на станциях мониторинга и организации наблюдений за содержанием малых газовых и аэрозольных примесей в атмосфере региона.

Все представленные результаты в настоящей диссертационной работе получены автором самостоятельно или при непосредственном участии в коллективе соавторов. Автор самостоятельно подготавливал доклады и представлял их на конференциях и симпозиумах. Автору принадлежит основная роль в подготовке публикаций по представлению результатов исследований.

Актуальность диссертационной работы.

Атмосфера является важной составляющей природной среды и может оказывать существенное влияние на функционирование крупных наземных и водных экосистем, в частности, таких как озеро Байкал. Помимо прямого влияния на течения и интенсивность вертикального перемешивания водных масс, атмосфера является источником поступления различных природных и антропогенных веществ, как непосредственно на поверхность водоема, так и на его водосборный бассейн.

За последние четыре десятилетия по всему миру, одновременно с улучшением состояния воздуха в промышленных городах происходит увеличение содержания малых газовых примесей в атмосфере фоновых районов. Данная тенденция справедлива и для Байкальской природной территории, в атмосфере которой отмечается рост содержания оксидов азота.

Продолжительное поступление азот- и серосодержащих веществ в атмосферу над Южным Байкалом привело к снижению величины рН в атмосферных осадках, которые являются основным источником питания юго-восточных притоков озера, что, в свою очередь, вызвало закисление речных вод. Так же выпадение атмосферных осадков с повышенным содержанием азота может быть одним из ключевых факторов, способствующих массовому развитию подледного сообщества водорослей динофлагеллят *Gymnodinium baicalense* var. *minor* Antipova в бухте Лиственничная (Южный Байкал) в 2018 г. В бухте Большие Коты, расположенной на западном берегу Южного Байкала, неоднократно наблюдались подобные явления с ростом биомассы других видов водорослей и бактерий. Так, в июле 2019 года после четырёхдневных ливней, обогащённых азотом и фосфором, произошло массовое размножение цианобактерий. В июне 2022 года из-за обильных осадков (34 мм) в этом же районе увеличилось количество фекальных индикаторных бактерий.

Таким образом, газовые примеси превращаясь в растворимые минеральные соединения в атмосфере могут оказывать существенное влияние на формировании химического состава байкальской воды и определять её качество. Благодаря внутрикотловинной циркуляции воздуха примеси, попадающие в атмосферу, могут переноситься по всей акватории озера, способствуя загрязнению гидросферы региона. Более того, в горном бассейне озера могут накапливаться загрязняющие вещества не только из локальных источников, но и с обширных территорий Сибири, Казахстана и Монголии. Все наблюдения в режиме онлайн мониторинга необходимы и важны для прогноза изменения окружающей среды на БПТ с точки зрения негативного воздействия на уникальные природные объекты, что и сделано в диссертационной работе М.Ю. Шиховцева.

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается большим объемом отобранного материала, полученного с использованием апробированных методик и поверенных измерительных инструментов. Камеральная обработка материала проведена по единой методике с использованием сертифицированного оборудования, а также международных образцов для оценки качества химических анализов.

Новизна и практическая значимость работы

Представленная работа является результатом первого комплексного исследования, направленного на определение факторов, влияющих на содержание малых газовых и аэрозольных примесей в атмосфере Южного Прибайкалья. Автором разработан оригинальный методический подход,

предназначенный для мониторинга атмосферных характеристик, который позволил расширить сеть наблюдений за концентрациями малых газовых примесей и аэрозолей в атмосфере Южного Прибайкалья. В рамках этого подхода впервые синхронно на всех станциях мониторинга были оценены сезонные, недельные и суточные вариации содержания малых газовых и аэрозольных примесей в атмосфере.

Методический подход дает возможность в режиме реального времени детально оценивать состояние воздушного бассейна озера Байкал и имеет задел для дальнейшего развития. Полученные в работе новые результаты могут быть использованы для развития современных методов экологического мониторинга и при создании новых или верификации уже существующих моделей статистического, машинного и глубокого обучения. Кроме того, эти данные могут быть полезны для работы природоохранных организаций, занимающихся экологическим мониторингом и оценкой антропогенного влияния на различные экосистемы Байкальской природной территории.

Специальность, которой соответствует диссертация.

Направление диссертационной работы и публикации соответствуют пункту 3. «Состав атмосферы. Водяной пар, газовые примеси, аэрозоли. Парниковые газы. Фотохимические процессы в атмосфере. Озон, диоксид углерода, метан, гидроксид, азотистые и другие малые примеси в атмосфере. Радиоактивность атмосферы. Загрязнение атмосферы» паспорта специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате».

Публикации соискателя по теме диссертации.

Материалы диссертации изложены в опубликованных М.Ю. Шиховцевым работах. По теме диссертации опубликовано 18 статей, из них 6 в журналах из перечня ВАК по специальности; 16 статей проиндексированы в базах Scopus и Web of Science. Результаты работы докладывались автором на 15 российских и международных конференциях.

Основные публикации по теме диссертации

1) **Shikhovtsev M.Y.**, Molozhnikova Y.V., Obolkin V.A., Potemkin V.L., Lutskin E.S., Khodzher T.V. Features of Temporal Variability of the Concentrations of Gaseous Trace Pollutants in the Air of the Urban and Rural Areas in the Southern Baikal Region (East Siberia, Russia) // Applied sciences. 2024. – V. 14. – № 18. – P. 1-19. DOI: 10.3390/app14188327

2) **Шиховцев М.Ю.**, Оболкин В.А., Ходжер Т.В., Моложникова Е.В. Изменчивость приземной концентрации твердых частиц PM₁—PM₁₀ в воздушном

бассейне южного Прибайкалья // Оптика атмосферы и океана. 2023. – Т. 36. – № 6. – С. 448-455. DOI: 10.15372/AOO20230604

3) **Шиховцев М.Ю.**, Шиховцев А.Ю., Коваadlo П.Г., Оболкин В.А., Моложникова Е.В. Влияние структуры воздушных движений на характеристики турбулентности и содержание диоксида серы в атмосфере над ст. «Листвянка» // Оптика атмосферы и океана. 2024. – Т. 37. – № 11. – С. 954-961. DOI:10.15372/AOO20241108

4) **Shikhovtsev M.Yu.**, Molozhnikova Y.V. Inter-annual dynamics of regional and transboundary transport of air masses of the Baikal region for 2010-2018 // Proceedings of SPIE. 2020. – V. 11560. – P. 1-8. DOI: 10.1117/12.2574735

5) **Shikhovtsev M.Yu.**, Onishchuk N.A., Netsvetaeva O.G., Molozhnikova Ye.V. Multivariate statistical analysis of the chemical composition of the snow in the industrial cities of the Southern Baikal region // Proceedings of SPIE. 2021. – V. 11916. – P. 1-8. DOI: 10.1117/12.2600456

6) **Shikhovtsev M.Y.**, Obolkin V.A., Molozhnikova Y.V. Dependence of the concentration of small gas impurities in the air basin of the Southern Baikal region on synoptic and meteorological conditions according to the Listvyanka station // Proceedings of SPIE. 2022. – V. 12341. – P. 1-7. DOI: 10.1117/12.2643498

7) **Shikhovtsev M.Yu.**, Obolkin V.A., Khodzher T.V., Molozhnikova Y.V. Spatio-temporal variability of small gas impurities in the surface layer of the atmosphere of the southern Baikal region // Proceedings of SPIE. 2023. – V. 12780. – P. 1-10. DOI: 10.1117/12.2687772

8) Molozhnikova Y.V., **Shikhovtsev M.Yu.**, Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V. Ecological Zoning of the Baikal Basin Based on the Results of Chemical Analysis of the Composition of Atmospheric Precipitation Accumulated in the Snow Cover // Applied sciences. 2023. – V. 13. – N 14. – P. 1-17. DOI: 10.3390/app13148171

9) Моложникова Е.В., Голобокова Л.П., Маринайте И.И., Нецветаева О.Г., **Шиховцев М.Ю.**, Ходжер Т.В. Химический состав атмосферных выпадений на территории Байкальского государственного природного биосферного заповедника (восточное побережье Южного Байкала) // Метеорология и гидрология. 2023. – № 4. – С. 10-21. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-4-10-21

10) Marinaite I., Penner I., Molozhnikova E., **Shikhovtsev M.**, Khodzher T. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Atmosphere of the Southern Baikal Region (Russia.: Sources and Relationship with Meteorological Conditions // Atmosphere. 2022. – V. 13. – N 3. – P. 1-13. DOI: 10.3390/atmos13030420

11) Obolkin V., Molozhnikova E., **Shikhovtsev M.**, Netsvetaeva O., Khodzher T. Sulfur and Nitrogen Oxides in the Atmosphere of Lake Baikal: Sources, Automatic Monitoring, and Environmental Risks // Atmosphere. 2021. – V. 12. – N 10. – P. 1-10. DOI: 10.3390/atmos12101348

12) Ходжер Т.В., Оболкин В.А., Моложникова Е.В., **Шиховцев М.Ю.** Некоторые результаты цифрового (in situ. мониторинга загрязнения атмосферы газовыми примесями в центральной экологической зоне Южного Байкала //

Известия ИГУ. Серия «Науки о Земле». 2020. – Т. 34. – С. 141-155. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.141

13) Маринайте И.И., Ходжер Т.В., **Шиховцев М.Ю.**, Кустова О.В., Потёмкин В.Л. Изменчивость концентрации аэрозольных частиц, ПАУ, ПХБ в атмосфере над поверхностью Байкала // География и природные ресурсы. 2024. – Т. 1. – С. 82-90. DOI: 10.15372/GIPR20240108

14) Луцкий Е.С., **Шиховцев М.Ю.**, Моложникова Е.В., Оболкин В.А., Бердашкинова О.И., Ходжер Т.В. Ртуть в атмосферном воздухе и осадках в 2022—2023 гг. на станции мониторинга Листвянка (Южное Прибайкалье) // Оптика атмосферы и океана. 2024. – Т. 37. – № 6. – С. 502-511. DOI: 10.15372/AOO20240609

15) Marinaite I.I., Khodzher T.V., Molozhnikova E.V., **Shikhovtsev M.Yu.**, Kustova O.V., Potyomkin V.L. Studies of spatiotemporal distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and sub-10 µm particulate matter above the water area of Lake Baikal in the autumn of 2021 // Proceedings of SPIE. 2022. – V. 12341. – P. 1-6. DOI: 10.1117/12.2643380

16) Molozhnikova Y.V., **Shikhovtsev M.Yu.**, Popova A.K., Obolkin V.A., Khodzher T.V. Comparative analysis of satellite and continuous surface measurements of gas impurities in the air basin at the Listvyanka station, Lake Baikal // Proceedings of SPIE. 2022. – V. 12341. – P. 1-6. DOI: 10.1117/12.2643507

17) Molozhnikova Y.V., **Shikhovtsev M.Yu.**, Marinaite I.I., Netsvetaeva O.G., Onishchuk N.A. Spatial distribution of anthropogenic tracers in the snow cover of the Southern Baikal region // Proceedings of SPIE. 2022. – V. 12341. – P. 1-7. DOI: 10.1117/12.2644206

18) Molozhnikova Y.V., **Shikhovtsev M.Yu.**, Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V. Determination of the groups of sources affecting the chemical composition of atmospheric fallout on the northeastern coast of Lake Baikal // Proceedings of SPIE. 2023. – V. 12780. – P. 1-6. DOI: 10.1117/12.2685152

Диссертация М.Ю. Шиховцева представляет собой законченное научное исследование, актуальна, выполнена на высоком научном уровне. Полученные М.Ю. Шиховцевым результаты и сделанные выводы достоверны и обоснованы.

Диссертация М.Ю. Шиховцева отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации к диссертациям, предусмотренным пунктами 9-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней.

Диссертация «Пространственно-временное распределение аэрозольных и газовых примесей в приземном слое атмосферы Южного Прибайкалья» Максима Юрьевича Шиховцева рекомендуется к защите на соискание учёной

степени кандидата географических наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате».

Заключение принято на расширенном заседании Ученого совета ЛИН СО РАН.

Присутствовало на заседании 20 человек.

Результаты голосования:

«за» – 20 человек,

«против» – 0 человек,

«воздержались» – 0 человек.

Протокол № 15 от 24 июля 2024 г.

Ученый секретарь ЛИН СО РАН
к.б.н.

Максимова Н. В.