Участники корабельной экспедиции.

> Среди других элементов атмосферы, аэрозоль отличает максимальная подвижность, многообразие свойств и взаимодействий с солнечной радиацией, водяным паром, озоном, а также компонентами биосферы.

Грани гранта

Подготовил Андрей СУББОТИН

Как дышится, Байкал?

Чтобы у древнего озера была чистая атмосфера, ведутся кропотливые исследования

Галина ЖАМСУЕВА,
доцент, руководитель лаборатории дистанционного зондирования атмосферы, кандидат физико-математических наук

Задачи изучения и сохранения Байкала сегодня актуальны и для научной среды, игосударственной власти. Одним из основныхканалов загрязнения озера является атмосфера. Она равна более чем 31,5 тысячи кв. км и существенно отличается от прибрежных континентальных районов по составу и характеру газовых и аэрозольных компонент. При этом крупные промышленные центры и населенные пункты Прибайкалья и Забайкалья рассредоточены крайне неравномерно вдоль береговой зоны, а антропогенные примеси, образующиеся по-над Байкалом, в значительной степени формируются под влиянием выносов с этих территорий. В последние годы одним из значимых источников загрязнения атмосферы озера стали эмиссии дымового аэрозоля и следовых газов от лесных пожаров, которые возникают ежегодно в бореальных лесах Сибири, нанося ущерб не только природе, но и экономике региона.

Поэтому исследование пространственной и временной изменчивости состава и свойств атмосферы, оценка загрязнений трансграничного типа, прогноз, а также четкое определение возможных их последствий для территории Байкала- актуальная научная проблема, которой не первый год озадачены специалисты Института физического материаловедения СО РАН. РФФИ (ныне - РЦНИ) поддержал эту работу, а возглавила группу исследователей доцент Галина ЖАМСУЕВА, руководитель лаборатории дистанционного зондирования атмосферы, кандидат физико-математических наук. Проект получил название «Пространственно-временная изменчивость микродисперсной фракции аэрозоля в регионе озера Байкал».

По мнению Галины Санжиевны, тема гранта чрезвычайно актуальна потому, что аэрозольные частицы принадлежат к числу основных ключевых климатообразующих факторов Земли. Во-первых, они могут непосредственно рассеивать и поглощать солнечное излучение. Когда частицы рассеивают радиацию, они, как правило, охлаждают климат, а когда в атмосферу выбрасываются частицы сажи, происходит нагрев. Во-вторых, аэрозольные частицы влияют на климат косвенно, выступая ядрами конденсации облакови таким образом меняя коэффициент отражения и время жизни облаков. Среди других элементов атмосферы аэрозоль отличают максимальная подвижность, многообразие свойств и взаимодействий с солнечной радиацией, водяным паром, озоном, а также компонентами биосферы. Наряду с дисперсным составом частиц существенное значение для атмосферы имеет и их химический состав, что оказывает влияние на здоровье населения, приводя к недугам дыхательных путей и кожным заболеваниям.

Мелкие аэрозольные частицы, аккумулируя химические вещества широкого спектра, являются наиболее токсичными загрязнителями воздуха. Из-за их неблагоприятного воздействия на климат и здоровье в мире с развитием новых экспериментальных методов и теоретической базы все чаще исследования нацеливают на нанометровыеразмеры частиц аэрозоля.

- Благодаря поддержке РФФИ, - замечает Галина Санжиевна, - исполнителям проекта удалось комплексно исследовать химические, микрофизические и оптические свойства атмосферного аэрозоля, процессы переноса и эволюции природного и антропогенного аэрозоля и взаимодействиеего с радиацией, парниковыми газами в регионе озера Байкал.

Уникальность Байкала в том, что это стратегически важный источник питьевой воды на планете и одновременно водоем с редчайшей флорой и фауной. Но регионподвергается постоянным выбросам загрязнений антропогенного характера. Только за счет преобладания переноса воздушных масс на акваторию ежегодно поступают720 тысяч тонн загрязнений из Иркутской промышленной зоны. Такой прессинг оказываетжесткое влияние на биоту Байкала. Поэтому в первую очередь возникает необходимость в организации и функционировании сети станций мониторинга атмосферы на основе современных средств локального и дистанционного контроля в регионе озера. Это позволит получать своевременную достоверную информацию о текущем состоянииатмосферы и, кроме того, контролировать процессы, происходящие в ней.Хорошо, что помимо заносов и накопления вредных примесей существуют и природные механизмы, способствующие самоочищению атмосферы.

- Какие, например?

- Можно выделить основные процессы выведения вредных примесей из атмосферы: рассевание и перенос в атмосфере, фотохимические реакции разрушения токсичных соединений, сток и поглощение водной поверхностью, наземными экосистемами. В целом все эти процессы взаимосвязаны, поэтому для их исследования необходим комплексный подход. Но беда в том, что им мало уделяется внимания. На Байкале такие исследования ранеевообще не проводили, хотя механизм выведения загрязнений из атмосферы является для озера одним из наиболее важных и его можно задействовать.

Кроме того, в прибрежной зоне много лесов (до 70% территории),из них 90%-хвойные. Поскольку важную роль в циркуляции воздушных масс в регионе играют бризовые потоки, то между сушей и водной поверхностью происходит постоянный воздухообмен. Когда воздушные массы поступают с озера на берег - дневной бриз - загрязнение атмосферы с акватории озера переносится на сушу и длительное время находится под влиянием лесной растительности. В эти дневные часы активизируются турбулентность, фотосинтетическая деятельность растений. Наиболее высока роль лесной и луговой растительности в поглощении аэрозольных и газовых примесей. В вечерние и ночные часы с началом обратного переноса - берегового бриза - на акваторию озера доставляются уже более чистые воздушные массы.

- Галина Санжиевна, а как вы как проводите такие измерения?Что за технологии-задействуете?

- Для изучения влияния особенностей циркуляционных процессов на Байкале на содержание озона, других газовых примесей и аэрозоля в рамках проекта был организован измерительный пункт на юго-восточном побережье озера. Там, при стационаре «Боярский», оборудованы высотные (30-метровые) мачты для проведения наблюдений метеорологических, измерения турбулентности атмосферы, концентрации газовых и аэрозольных примесей на разных высотах. Эксперименты позволили установить, что частота формирования бризовых ситуаций довольно высокая в летние месяцы. Наблюдаются изменения в качественном и количественном составах атмосферного воздуха: антропогенные примеси (NOx, SO2), фиксировавшиеся в течение дня, при смене направления ветра в сторону озера практически сразу исчезают вплоть до нулевых значений, что свидетельствует о поступлении чистого воздуха с берега на акваторию озера. Таким образом, бризы являются важным природным механизмом регулирования чистоты атмосферы на Байкале. Ихможно образно назвать «дыханием» Байкала.

Градиентные измерения концентрации газовых примесей и одновременно измерения турбулентных параметров атмосферы также позволили оценить потоки и скорость газообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью. Оценки базируются на микрометеорологических методах и моделях. На основе экспериментальных данных и результатов расчетов по апробированным моделям получены количественные оценки скорости и потоков осаждения озона на почвенную и лесную растительностьна Байкале. Такие же исследования проведены и по оценке скорости и потоков осаждения микродисперсного аэрозоля (наночастиц и субмикронного аэрозоля) на луговой и лесной растительности. Результаты исследований опубликованы в ведущих журналах по тематике (Atmosphere за 2021-й и 2022 годы).

В рамках проекта были проведены маршрутные измерения аэрозольных и газовых примесей по акватории озера Байкал на НИС «Академик В.А.Коптюг» с использованием большого набора современных средств измерений командами Лимнологического института СО РАН (Иркутск) и Института оптики атмосферы СО РАН (Томск).

- Удается работать с коллегами из других институтов вместе?

- Конечно. Например, химический анализ на ионный состав, полиароматические углеводороды проб аэрозолей, отобранных в период экспериментов по всему периметру акватории Байкала и научном стационаре «Боярский», выполнялся в аккредитованной лаборатории гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СО РАН. Измерения микрофизических характеристик атмосферного аэрозоля в диапазоне размеров от 5 нм до 10 мкм проводились с помощью диффузионного аэрозольного спектрометра ДАС 2702М московской фирмы «АэроНаноТех». Одним из разработчиков данного спектрометра является профессор НИЯУ МИФИ Валерий Загайнов, неоценима и его помощь в научно-методическом сопровождении проекта.

- А сколько всего людей было задействовано в исследованиях по гранту?

- Десять специалистов, из них двое - молодые ученые. Также проекту помогли состоятьсясотрудники лаборатории гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СО РАН во главе с заведующей лабораторийдоктором геолого-минералогических наук, профессором Тамарой Ходжер. С этим коллективом мы более четверти векатесно сотрудничаем в деле исследований атмосферы Байкала.

- Если говорить о результатах в целом, что они дали науке и народному хозяйству?

- В последние годы активно ведутся исследования, направленные на выявление основных процессов, приводящих к образованию аэрозолей из газовой фазы. Образование новых частиц NPF (New ParticleFormate) - это глобально значимое явление, способствующее увеличению концентрации аэрозольных частиц. События NPF наблюдаются в различных средах по всему миру. Имеются региональные особенности зарождения новых частиц в течение года, которые наблюдаются от 5% до 40% дней в зависимости от сезона и региона,как правило, в бореальных лесах. Там происходит быстрый конденсационный рост частиц вследствие мощной эмиссии летучих органических соединений, которые, в свою очередь, окисляются в атмосфере, образуя вещества, способные перейти в конденсированную фазу. В экспериментах на Байкале также были обнаружены нуклеационные всплески наночастиц(NPF), которые чаще проявляются в весенний период. Получен большой массив данных по мониторингу количественного и качественного составов атмосферы в регионе, который потребует еще более тщательного анализа и осмысления.

Использование комплекса-современного автоматического оборудования для измерений газового и аэрозольного составов атмосферы, акустических метеокомплексов, спутниковых данных MODIS, CALIPSO, траекторной модели реанализа HYSPLIT позволило оценить влияние дальних переносов как от антропогенных источников выбросов, так и от очагов лесных пожаров, случавшихся в Якутии, Иркутской области, Красноярском крае.Количественные оценки потоков осаждения аэрозольных частиц на разные типы подстилающей поверхности (вода, почва, лес) в регионе озера Байкал, полученные в ходе экспериментов, имеют важное значение для дальнейших исследований, которые должны быть предприняты для учета вклада антропогенных и природных аэрозолей

Измерения газообменных процессов в лесном массиве на побережье Байкала.

> Для изучения влияния особенностей циркуляционных процессов на Байкале на содержание озона, других газовых примесей и аэрозоля в рамках проекта был организован измерительный пункт на юго-восточном побережье озера.

взагрязнение бассейна озера и прилегающих территорий, прогноза состояния и качества атмосферы Байкала.

- Что в перспективе? Будет новый грант, есть надежда на новые экспедиции?

- Они не прерываются. Использование современных методов локального и дистанционного контроля, методов обработки и наблюдений за распределением атмосферных примесей позволяет поднять качественно выше уровень возможности наблюдения атмосферы.Успешное выполнение данного проекта способствовало развитию и усовершенствованию системы мониторинга атмосферы в регионе озера Байкал на основе постоянно действующих опорных станций непрерывного контроля состояния атмосферы «Боярский» и «Листвянка», расположенных на южном и восточном побережьях озера.В кооперации с сотрудниками МГУ, МИФИ, ИВМ РАН и Сколтеха на основе экспериментальных данных по исследованию нуклеационных процессов наночастиц на Байкале, полученных в рамках гранта РФФИ «Микромир», предложена модель динамики распределения атмосферных аэрозольных частиц по размерам, учитывающая влияние озона на скорость агрегации частиц, которая в настоящее время проходит апробацию.

Так что работаем! ■