

## ЭКОЛОГИЯ СИБИРИ НУЖДАЕТСЯ В НАУЧНОЙ ПОДДЕРЖКЕ ОБСУЖДЕНИЕ НАУЧНОГО СООБЩЕНИЯ

© 2022 г. С. С. Попов (составитель)

Журнал “Вестник Российской академии наук”, Москва, Россия

E-mail: ssp1950@mail.ru

Поступила в редакцию 12.01.2022 г.

После доработки 16.01.2022 г.

Принята к публикации 19.01.2022 г.

“Российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном...” – это высказывание М.В. Ломоносова, относимое к 1763 г., часто цитируется, но смысл первых двух слов нередко сужается – под могуществом чаще всего понимаются природные богатства, которые и сегодня добываются в Сибири в гигантских объёмах. Но этот узкоутилитарный взгляд неприемлем для учёных. Что происходит с природной средой на территориях, где полезные ископаемые добываются и перерабатываются? Как экологически вредные производства, которых в Сибири множество, влияют на здоровье, уровень заболеваемости и продолжительность жизни проживающего в регионе населения? Ответы на эти вопросы требуют глубокого научного анализа, который невозможен без большой базы самых разнообразных данных. Такие данные можно собрать только на основе комплексного мониторинга атмосферы, гидросферы, литосферы, криосферы. Проблемы его организации, применения цифровых технологий сбора и обработки информации обсуждались с участием специалистов разного профиля на заседании президиума РАН. Высказанные ими оценки и предложения по улучшению экологической обстановки в Сибири представлены в настоящей статье.

*Ключевые слова:* экологический мониторинг, Байкальская природная территория, объекты накопленного вреда окружающей среде, декарбонизация экономики, природоохранные технологии.

DOI: 10.31857/S0869587322040077

Интенсивное индустриальное освоение Сибири при игнорировании внимания к поддержанию природного равновесия привело в последние десятилетия к резкому обострению экологических проблем в регионе. Сохранность бореальных лесов, чистота почв и атмосферного воздуха, тысяч рек и водоёмов, в том числе такой жемчужины, как озеро Байкал, оказались под угрозой из-за непродуманных, порой варварских методов хозяйствования. Загрязнение окружающей среды сказывается и на здоровье проживающего на этой территории населения. Неслучайно, открывая обсуждение на заседании президиума РАН современных подходов, прежде всего цифровых технологий, к мониторингу и прогнозированию экологической обстановки в Сибири (обсуждение было подготовлено при самом активном участии Сибирского отделения РАН), президент РАН **А.М. Сергеев** подчеркнул: “Мы должны существенно изменить отношение к чистоте дома, в котором живём”. На приведение его в порядок направлен национальный проект “Экология”. Необходимо учитывать и международный аспект

проблемы – резко активизировавшееся в последние годы мировое движение по декарбонизации экономики, в немалой степени порождённое беспокоейством в связи с увеличением содержания парниковых газов в атмосфере, тревогой по поводу необратимых изменений окружающей среды, грозящих негативными последствиями для всего человечества. Показательно, что Россия в числе 192 стран подписала и ратифицировала Парижское соглашение 2015 г. к Рамочной конвенции ООН об изменении климата – соглашение регулирует меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 г.

Не подлежит сомнению, что эти глобальные проблемы невозможно не только попытаться решить, но даже осмыслить без привлечения фундаментальных научных исследований, что убедительно прозвучало в докладе директора Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН академика РАН **И.В. Бычкова**, выступлениях других участников заседания президиума РАН.

О создании универсального инструмента прогнозирования и оценки эффективности управления качеством воздуха городов, состоянием водных объектов Сибири шла речь в содокладе, представленном директором красноярского Института биофизики СО РАН, первым заместителем председателя Научного совета СО РАН по проблемам экологии Сибири и Восточной Арктики академиком РАН А.Г. Дегерменджи. По его словам, в экологии как науке о взаимодействиях живых организмов, в том числе и человека, со средой обитания пока немало “белых пятен”. В их числе неразвитость экспериментального моделирования с целыми объектами и/или их частями; наличие огромного числа биологических видов с неизвестными экологическими функциями и свойствами; недостаток знаний о трофических, аллелопатических и других взаимодействиях даже доминантных видов. Отсутствие полноценной теории экосистем, существенная нелинейность взаимодействий затрудняют попытки реального управления экосистемами, приводят к серьёзным ошибкам при принятии решений. Положительный опыт в этой области, к сожалению, чрезвычайно скромен. Между тем задача восстановления состояния окружающей среды, нарушенной деятельностью человека, очень остра.

С целью разработки методов управления экосистемами, а также соответствующих технологий и их реализации на практике в СО РАН был создан Научный совет по проблемам экологии Сибири и Восточной Арктики (ПЭСВА), возглавляемый председателем СО РАН, вице-президентом РАН академиком В.Н. Пармоном. В составе совета три секции: специализация первой — оздоровление водных экосистем, второй — наземных, третьей — воздушной среды городов. В своей деятельности совет учитывает, что фундаментальные экологические исследования в соответствии с госзаданиями ведут институты РАН, технологии защиты окружающей среды от вредных выбросов — прерогатива прикладной науки, а запретительные меры — функция надзорно-контролирующих органов. Задача же совета — на основе имеющихся наработок формулировать научно обоснованные рекомендации по эффективному управлению экологическими рисками (слово “управление” здесь ключевое).

Есть уже и успешный опыт применения таких рекомендаций, когда на основе анализа данных комплексного мониторинга, проведения специальных экспериментов, математического моделирования, а на заключительном этапе — применения инженерных технологий удалось восстановить чистоту нескольких водоёмов в Красноярском крае. Один из них — Кантатское водохранилище (его площадь — 3,55 км<sup>2</sup>) в Железногорске. На протяжении полувека оно было любимым местом отдыха горожан, в нём обитала рыба самых раз-

ных пород, но из-за резко усилившегося цветения сине-зелёных водорослей качество воды в водоёме заметно ухудшилось. Учёным удалось убедить местные власти не торопиться с непродуманными действиями, а прежде провести детальное трёхгодичное исследование, включающее мониторинг цветения, бактериальных звеньев, оценку накопления минерального фосфора, и уже на основе этих данных построить модели методов “лечения”. Оказалось, что в подавлении цветения эффективен только один из них: блокировка потока фосфора со дна и удаление ила. Работы на водохранилище шли два года (в их организации и финансировании большую помощь оказал С.К. Шойгу, возглавлявший тогда Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий). Строители подняли со дна около 54 тыс. м<sup>3</sup> иловых отложений, в результате цветение прекратилось, угроза благополучию водоёма ликвидирована на многие годы. Такой подход к управлению экосистемой, по мнению академика Дегерменджи, применим и к другим объектам, включая воздушную среду сибирских городов, которая сегодня далеко не соответствует норме.

В качестве пилотного совет предложил проект оздоровления воздуха в Красноярске, одном из самых неблагоприятных по экологическим характеристикам городов Сибири. Работу, по мнению учёного, необходимо начать с мониторинга, взяв за основу массив данных гидрометеослужбы и других ведомственных структур. Детальная информация о концентрации и переносе загрязнителей в атмосфере позволит создать приближенные к действительности математические модели с учётом географического положения города, температурного режима близлежащих рек, испарений (Енисей в районе Красноярска не замерзает даже зимой, и этот фактор оказывает ощутимое негативное влияние на состояние воздушной среды), ветровой обстановки, а также выбросов предприятий, автомобильного транспорта, дыма многочисленных печей частных домовладений, причём с конкретной локацией и предполагаемым объёмом загрязняющих веществ. Необходимо иметь в виду, что в результате фотохимических реакций в атмосфере типичные загрязнители могут трансформироваться в продукты более токсичные, чем исходные. Тем не менее сложными процессами, как и температурой Енисея, убеждён академик А.Г. Дегерменджи, можно управлять.

С учётом результатов математического моделирования будут предложены технологии сокращения выбросов. Например, в числе уже разработанных сибирскими учёными озон-каталитический метод очистки выхлопных газов автомобилей, технология фильтрации твёрдых частиц и уменьшения их доли при сжигании топлива, новые ка-

талитические методы сжигания углей. Эффективность предпринимаемых мер можно будет оценить, анализируя реализацию сценариев управления “технологии—затраты—сроки”, а также изменения качества воздуха районов города. Даже детальный механизм возникновения инверсии приземного слоя воздуха, порождающей многодневное “чёрное небо” над Красноярском, может быть теоретически проанализирован и смоделирован с учётом такой формы управления, как “открытая вода/лед” Енисея.

Адекватная модель формирования качества воздуха в любой точке города позволит проверить эффективность природоохранных мер по улучшению качества атмосферы, в том числе и уже реализуемых муниципальных и федеральных планов уменьшения выбросов<sup>1</sup>. В случае успешной реализации пилотного проекта созданный учёными инструмент прогноза состояния воздушной среды будет передан в администрации городов Сибири, поможет в улучшении качества управленческих решений, совершенствовании экологических технологий и даже при градостроительном планировании.

Взявший затем слово научный руководитель Института народнохозяйственного прогнозирования РАН академик РАН **Б.Н. Порфирьев** поддержал тезис о необходимости системного, комплексного мониторинга атмосферы, гидросферы, литосферы, криосферы с применением цифровых технологий, причём его результаты должны представляться потребителю информации в таком виде, чтобы он мог их использовать при принятии решений. Он также отметил актуальность мониторинга лесов, в том числе бореальных, большое внимание которому уделяет СО РАН. Оценка площади, состава, продуктивности с уточнением коэффициентов запаса углерода в почве и лесной подстилке важна для научной оценки поглощающей способности экосистем. Такие научные оценки становятся серьёзным аргументом на переговорах по углеродному налогу, укрепляя позиции России. Учитывая географическое положение нашей страны, для неё также важен комплексный мониторинг криолитозоны, причём система его должна быть межведомствен-

ной. Особенно это касается Сибири с её спецификой промышленного, жилищного, инфраструктурного строительства, и, конечно, в плане изучения последствий климатических изменений, в том числе и в зоне вечной мерзлоты с её огромной площадью.

“Проведение мониторинга требует финансовых затрат, но расчёты показывают, что они как минимум на порядок меньше годового ущерба от последствий тех опасных явлений, которые подлежат мониторингованию. Экономические расчёты также показывают, что ущерб от загрязнения и деструкции окружающей среды на порядок превосходит ущерб от опасных природных явлений при всей их значимости”, — заключил **Б.Н. Порфирьев**.

Главный научный сотрудник лаборатории теоретических основ прогноза нефтегазоносности Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН академик РАН **А.Э. Конторович** также отнёс мониторинг многолетних мёрзлых пород к числу крайне необходимых, заметив, что экологическая катастрофа в Норильске 29 мая 2020 г., вызвавшая большой общественный резонанс, произошла именно потому, что такой мониторинг не осуществлялся должным образом. Оценивая роль Академии наук в решении экологических проблем, он подчеркнул, что задача РАН — не подменять государственные структуры, а обеспечивать их грамотной информацией, рекомендациями по научным решениям и соответствующими методиками и технологиями.

Переходя к теме климатических изменений, о которых идёт речь в подписанном и ратифицированном Россией Парижском соглашении, учёный высказал такое мнение: “Совершенно не очевидно, что климатические изменения вызваны только техногенной деятельностью человека. В геологической истории Земли потепления климата происходили и до появления человека, например, 20–30 млн лет назад на островах архипелага Новая Земля рос виноград. Поэтому ответ на вопрос, имеем ли мы дело с результатом техногенной деятельности человека или это очередные игры природы, требует специального научного анализа. Это направление работ в РАН желательно усилить, чтобы промоделировать геологические процессы прошлого, сравнив их с современными”.

Упомянув стремление Европейского союза в ближайшие три десятилетия полностью отказаться от потребления нефти, газа, угля, **А.Э. Конторович** заявил, что отказ от традиционных энергоресурсов равносителен революции, не имеющей аналогов в истории человечества. Реальность её под большим вопросом, поэтому России желательно сосредоточить внимание на технологиях использования нефти, газа и угля в формах, кото-

<sup>1</sup> Как сообщила заместитель председателя Правительства РФ **В.В. Абрамченко** на совещании Президента РФ **В.В. Путина** с членами правительства, прошедшемся 14 декабря 2021 г., для улучшения качества воздуха в 12 городах страны с 2020 г. проводится эксперимент по квотированию выбросов. Задача — к 2024 г. снизить совокупный объём выбросов опасных и загрязняющих веществ на 20%, что предусмотрено федеральным проектом “Чистый воздух” национального проекта “Экология”. В 2021 г. планировалось снизить выбросы на 4%, при этом наилучшие результаты достигнуты в Новокузнецке — более 25%, в Медногорске — почти 14%. Меньше чем на 1% снизились выбросы в Магнитогорске, Братске, Красноярске и Омске. В Норильске не зафиксировано положительной динамики.

рые наносят наименьший ущерб природе, минимизируя тем самым влияние этих энергоносителей на климатические процессы. На взгляд учёного, “если мы прекратим совершенствовать нефтегазовый комплекс, останемся без экономики, потому что не готовы заменить его другими отраслями. Академия наук, участвуя в анализе ситуации, должна выработать коллективные рекомендации руководству страны относительно того, как, не противореча принимаемым глобальным решениям, вписаться в мировой тренд и при этом не нанести ущерба национальной экономике России”.

Влиянию процессов добычи, хранения, транспортировки, переработки угля и угольной генерации на экологическое состояние природной среды Кузбасса посвятил своё выступление научный руководитель Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН (Кемерово) академик РАН **З.Р. Исмагилов**. В регионе добывается более половины общероссийского объёма угля, причём в последнее десятилетие в основном открытым способом, что сопряжено с большими экологическими издержками, деградацией ландшафтов. 150000 га земли в регионе занимают отвалы и карьеры, и эта площадь ежегодно увеличивается на 9000 га. На взрывных работах ежегодно используется до 0.5 млн тонн взрывчатки, при этом, по оценке учёных, от 2 до 5% указанного объёма, то есть не менее 10 тыс. тонн опасных соединений и продуктов их метаболизма остаются в почве. Угольные разрезы приближаются уже к жилым домам, оказываясь на расстояниях 1–2 км от них, по шахтёрским посёлкам потоком идут машины с углём. Загрязнение воздуха, воды, грунтовых и природных поверхностных вод — следствие применяемых способов угледобычи.

Говоря о состоянии воздушной среды в регионе, З.Р. Исмагилов привёл данные Кемеровского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2015–2019 гг. Так, в 2019 г. уровень загрязнения воздуха в Прокопьевске был повышенным, в Кемерово — высоким, Новокузнецке — очень высоким. В том же году предельно допустимые концентрации (ПДК) бенз(а)пирена — крайне опасного для человека вещества, обладающего сильнейшей канцерогенностью, в Кемерово оказались превышены в среднем в 2 раза, в Новокузнецке — в 5–6 раз.

Для улучшения ситуации несколько крупных предприятий Кузбасса осуществляют масштабные экологические проекты. Региональные власти также уделяют большое внимание этим проблемам. В 2020 г. утверждена новая концепция экологической политики Кузбасса, в 2021 г. на XXIV Петербургском международном экономическом форуме губернатор Кузбасса С.Е. Цивилёв подписал соглашения с бизнесом о привлече-

нии в регион частных инвестиций на общую сумму свыше 300 млрд руб., причём более половины её пойдёт на реализацию экологических проектов, в том числе на строительство объездной трассы в Кемерово, что будет способствовать значительному улучшению качества воздуха в городе, жители которого часто страдают от смога (в один из зимних дней 2019 г. здесь было зафиксировано 16-кратное превышение ПДК).

Для принципиального решения назревших проблем экологии угольного региона необходимо, полагает учёный, тотальное внедрение традиционных природоохранных технологий, дополнительных передовыми научными разработками. А таких в институтах СО РАН и, в частности, в кемеровском Федеральном исследовательском центре угля и углехимии немало. В их числе очистка промышленных газовых выбросов, газификация углей, утилизация и переработка шахтного метана, обезвреживание сточных вод, получение синтез-газа и водорода, производство гуминовых препаратов, а также сорбентов из углей. Генеральная задача на перспективу — создание чистых производств глубокой переработки угля в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Возможности дистанционного мониторинга состояния атмосферы представил директор томского Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН доктор физико-математических наук **И.В. Пташник**, в самом начале своего сообщения пояснив для неспециалистов суть некоторых терминов. По его словам, дистанционное зондирование атмосферы можно условно разделить на пассивное и активное. При пассивном источнике излучения от изучаемого объекта служит Солнце или же тепловое излучение Земли. При активном зондировании — как правило, лазер в составе лидара (Light Detection and Ranging) — прибора, который посылает лазерные импульсы в атмосферу и, собирая телескопом рассеянное молекулами или аэрозолями излучение, на основе спектрального анализа определяет состав атмосферы на разном расстоянии от лидара. За полвека существования Института оптики атмосферы его сотрудниками разработаны разные виды лидаров, позволяющие дистанционно визуализировать вихревые следы самолётов в аэропортах, наблюдать за аэрозольным и газовым загрязнением атмосферы, обнаруживать нефтяные плёнки на поверхности воды. Лидары — составная часть системы “Город”, служащей для оперативного обнаружения газовых и аэрозольных загрязнений атмосферы в промышленных районах, позволяющей оперативно регистрировать не только объёмы, но и источники выбросов. Предмет гордости сотрудников института — уникальная Сибирская лидарная станция, единственный в мире лидар с диаметром приёмного зеркала 2.2 м, который

позволяет измерять профили аэрозоля, озона и температуры на расстояниях до 100 км.

Обратившись к наблюдениям за экологической обстановкой в Сибири, И.В. Пташник отметил уникальную многоуровневую систему мониторинга парниковых газов, созданную два десятилетия назад Институтом оптики атмосферы совместно с японским Институтом исследования окружающей среды. По сути, это “карбоновые полигоны”, аналоги которых сейчас начинают создаваться, как ни странно, зачастую с нуля, без учёта уже существующего опыта.

Ещё один предмет гордости сотрудников института — самолёт-лаборатория “Оптик”, включённый в каталог российских уникальных научных установок. Благодаря размещённому на его борту оборудованию учёные имеют возможность детально исследовать особенности регионального состава атмосферы. Один из наиболее интересных и вместе с тем тревожных результатов воздушных экспедиций, за который научный коллектив самолёта-лаборатории был удостоен национальной премии “Хрустальный компас”, — обнаружение резкого снижения скорости поглощения CO<sub>2</sub> лесными экосистемами Западной Сибири после 2004 г.

Экспедиция с целью комплексного исследования тропосферы над морями Российской Арктики была проведена в 2020 г. (подобных ей не выполнялось даже в СССР). Полёт самолёта-лаборатории длился 42 часа. В итоге по всем шести морям получен единовременный высотный срез концентраций газов, аэрозоля, метео- и ряда других параметров. Из наиболее интересных, но опять же тревожных результатов этой экспедиции учёный выделил два. Первый: обнаружение повышенного содержания метана у поверхности всех морей Российской Арктики, наибольшее превышение наблюдались над Карским морем. Второй: сравнение текущих результатов с измерениями шестилетней давности показало, что скорость роста содержания метана у поверхности Карского моря в 3 раза превышает характерную для высот 5 и более километров, где скорость роста концентрации этого газа сравнима со средней по Земному шару.

В конце своего выступления оратор поднял важную для научного сообщества проблему. В 2020 г. истёк нормативный срок службы самолёта-лаборатории “Оптик” — за предшествующие 40 лет он выработал свой эксплуатационный ресурс, теперь его аттестуют ежегодно и в любой момент могут списать. В итоге вскоре в стране не останется ни одного научного воздушного судна. Для сравнения: во времена Советского Союза в распоряжении АН СССР было 30 самолётов. В США научные задачи сегодня решают 30 воздушных судов, во Франции 10, большим авиапарком, пред-

назначенным для научных целей, располагают и другие европейские страны.

Научный руководитель Байкальского института природопользования СО РАН академик РАН А.К. Тулохонов привлёк внимание аудитории к проблемам экологического мониторинга на Байкальской природной территории, необходимости научно обоснованного разделения антропогенной и природной составляющей в изменении природной среды, недопустимости экологического алармизма. К примеру, несколько лет назад “зелёная” общественность и некоторые представители академической науки воспринимали как экологическую катастрофу зарастание водорослями мелководья Байкала, которое исчезло с началом периода многоводья. Так ухудшается ли в действительности экологическая ситуация на Байкале? Нужно учитывать, что после разрушения плановой экономики в бассейне озера закрыты десятки промышленных и аграрных предприятий, из всех основных загрязнителей дееспособны только авиационный, локомотиворемонтный заводы и мясокомбинат, суммарные сбросы которых в окружающую среду в десятки раз меньше, чем в советское время. Кроме того, ужесточение экологического законодательства и пандемия резко сократили негативное влияние туризма на экологическое благополучие центральной зоны озера.

Сегодня на охрану байкальской природы выделяются немалые средства, в том числе и на строительство очистных сооружений. Между тем существующие нормативы допустимых сбросов требуют доведения качества стоков до уровня, превышающего качество природных вод в естественном их состоянии. В результате не могут начать действовать уже построенные очистные сооружения, тормозится строительство новых природоохранных объектов. Байкальский институт природопользования СО РАН многие годы пытается привести эти нормативы в соответствие с реальной обстановкой. Однако разработку новых нормативов поручают институту в Челябинске, сотрудники которого видели Байкал разве что из окна поезда. По мнению А.К. Тулохонова, для выхода из патовой ситуации необходимо срочно утвердить новые нормативы допустимых воздействий, позволяющие завершить строительство и пуск всех запланированных очистных сооружений, что может реально повысить качество природоохранных мероприятий на Байкале.

“С момента ввода в эксплуатацию в 1959 г. Иркутской ГЭС озеро Байкал перестало быть природным объектом и теперь является частью Иркутского водохранилища, — констатировал научный руководитель Байкальского института природопользования. — В настоящее время уровень воды в Байкале полностью определяется интересами энергетиков, именно они пролоббиро-

вали допустимость изменения уровня зеркала с 455.54 м до 457.85 м, то есть с амплитудой 2 м 31 см. Между тем в естественных условиях амплитуда многолетних колебаний не превышает 1 м, обеспечивая биологическое разнообразие на байкальском мелководье и устойчивость береговой линии”.

Выступающий также отметил, что при прогнозировании экологической обстановки в Сибири необходимо учитывать следующий фактор. Значительная часть бассейна рек Иртыш, Селенга, Онон, Аргунь, Амур располагается в Китае, Казахстане и Монголии. Поэтому при проведении мониторинга водных ресурсов должны быть учтены аспекты международного сотрудничества с южными соседями России.

“Проблемы мониторинга экологической среды не относятся к сфере отдельных наук, а должны рассматриваться системно как части изучения географической оболочки планеты специалистами с базовым образованием, знающими предмет исследования, владеющими правовыми, экономическими, историческими знаниями”, – подчеркнул в заключение А.К. Тулохонов.

Вице-президент по федеральным и региональным программам ПАО “ГМК “Норильский никель” А.М. Грачёв признал в своём выступлении, что представляемая им компания извлекла серьёзные уроки из аварии, произошедшей в Норильске в мае 2020 г., сделав ставку в решении острых экологических проблем Арктики на тесное взаимодействие с фундаментальной наукой. По предложению председателя СО РАН академика РАН В.Н. Пармона для детального изучения последствий аварии была проведена научно-исследовательская экспедиция с участием 36 учёных из 14 институтов. С учётом полученных результатов рассматривается возможность проведения ещё одной экспедиции, предполагающей ландшафтные, почвенные, ботанические исследования, а также изучение скорости деформации протаивающих грунтов на основе космической съёмки. С помощью СО РАН в составе Норильского государственного индустриального института сформирован исследовательский центр технологий строительства и мониторинга состояния зданий и сооружений на арктических территориях. Компания “Норильский никель” поставила перед собой важную задачу: совместно с учёными разработать новые методы хозяйствования на территории Таймыра.

Отвечая на вопрос из зала, не затормозится ли реализация “Серной программы”<sup>2</sup> из-за того, что

<sup>2</sup> “Серная программа” – масштабный экологический проект “Норникеля”, предполагающий резкое сокращение выбросов диоксида серы в регионах, где присутствуют предприятия компании. Стоимость проекта оценивается в 250 млрд руб. Предполагается, что серные выбросы в Норильске к 2025 г, то есть за пять лет осуществления проекта, сократятся на 90%.

“Норникелю” пришлось заплатить беспрецедентные штрафы в связи с аварией, произошедшей в 2020 г., А.М. Грачёв заверил, что масштабный экологический проект по резкому сокращению серных выбросов, разработанный опять же при поддержке фундаментальной науки, будет реализован в запланированные сроки, то есть до конца 2025 г.

Вице-президент компании “РУСАЛ” по региональной политике и взаимодействию с органами власти и управления Е.С. Безденежных, поддержав тезисы о важности экологического мониторинга Сибири, тесного взаимодействия производителей и учёных, отметила, что масштабные программы модернизации алюминиевых заводов РУСАЛа, рассчитанные на семь лет, предусматривают значительное сокращение вредных выбросов, оздоровление экологической обстановки в Новокузнецке, Шелехове, Братске и Красноярске.

Директор Восточно-Сибирского института медико-экологических исследований доктор медицинских наук О.Л. Лахман (г. Ангарск Иркутской области) остановился в своём сообщении на ключевых медико-экологических проблемах, влияющих на здоровье и продолжительность жизни населения промышленных центров Сибири. Так, при оценке профессионального риска установлено, что допустимые сроки работы в условиях воздействия неблагоприятных производственных факторов для основных профессий алюминиевого производства составили от 11 до 15 лет. Многолетний мониторинг показывает опережающий рост суммарной заболеваемости раком, например, в Республике Бурятия – в 1.9 раза, в Иркутской области – 2.4 раза, что выше, чем в среднем по стране. Выявлена ассоциированность частоты рака лёгких с уровнем содержания канцерогенов в атмосферном воздухе. У представителей ряда опасных профессий, контактирующих с канцерогенами, высока вероятность развития опухолевого процесса при стаже от 3 до 10 лет.

Анализ показателей заболеваемости населения загрязнённых районов за последние 40 лет подтвердил экспериментальные данные академика РАН С.И. Колесникова о накоплении патологии в каждом последующем поколении при воздействии токсикантов. Эпидемиологические исследования в Ангарске и Шелехове показали, что в первом поколении заболеваемость детей составила от 900 до 1400 случаев на 1000 человек и имела стабильный характер; во втором поколении наблюдался её выраженный рост, а в третьем поколении детей заболеваемость вновь имеет стабильный характер, но на самом высоком уровне. В исследованиях, проведённых совместно с Научным центром проблем здоровья семьи и репро-

дукции человека (Иркутск), показано, что при воздействии химических факторов формируется фетоплацентарная недостаточность, возникают нарушения в системе “мать—внезародышевые органы—плод”. Другой цикл исследований (на этот раз совместно с Институтом геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова) позволил определить риски здоровью в зоне влияния химических веществ в городах Усолье-Сибирское и Саянск. Были выявлены случаи меркуриализма (отравления ртутью) не только среди работников предприятий, но и в рыбе Братского водохранилища.

По мнению О.Л. Лахмана, в “горячих экологических точках” Сибирского федерального округа актуально создание медико-экологических научных центров, аккумулирующих научные знания и лучшие практики для их последующего тиражирования и внедрения в регионах. Необходимо также инициировать поправки в Федеральный закон “Об охране окружающей среды”, закрепляющие обязательность компенсаций при потере здоровья в условиях негативного воздействия техногенно изменённой среды обитания. Назрела необходимость разработки математических моделей зависимости показателей популяционного здоровья от факторов среды с целью регионального нормирования верхнего предела содержания примесей в воздушном бассейне городов, питьевой воде, продуктах питания с учётом спектра поступающих загрязнителей. О.Л. Лахман предложил также расширить исследования с применением современных диагностических технологий в рамках скрининговых и углублённых медицинских осмотров работников, занятых на вредных и опасных производствах, а также населения, проживающего на неблагоприятных территориях.

Декан химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Научного совета РАН по глобальным экологическим проблемам член-корреспондент РАН **С.Н. Калмыков** продолжил тему мониторинга, сосредоточив внимание на самых сложных объектах накопленного вреда окружающей среде. По состоянию на 7 мая 2021 г. в государственном реестре значилось 327 таких объектов, и до обсуждения мер их очистки или изолирования требуется решить аналитическую задачу — определить состав и концентрацию присутствующих опасных веществ. Некоторые из них представляют загадку для химиков, аналитические методы их определения ещё предстоит разработать.

В качестве примера учёный привёл объект в Дзержинске Нижегородской области, представляющий собой глубокую карстовую воронку, куда годами сливались отходы полимерных производств, продукты неудачного химического синтеза. Уже удалось определить присутствие

150 компонентов; это и фенолы, и фенолформальдегидные смолы, и полимеры с разной степенью полимеризации, и минеральные кислоты, и диоксид титана, и ещё много других соединений. К их определению привлекаются институты РАН, университеты, располагающие самой современной аппаратурой, и исследователи, владеющие новейшими аналитическими методами — масс-спектрометрии, ионного циклотронного резонанса, ядерного магнитного резонанса, в том числе твердотельного, и т.д.

Помимо объектов накопленного экологического вреда окружающей среде (в их числе Усолье Сибирское, шламо-золонакопители, расположенные неподалёку от корпусов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината) есть и другие, действующие сегодня источники опасных загрязнений, которые вызывают немало вопросов. Например, каковы источники бенз(а)пирена в воздухе Красноярска? По мнению, С.Н. Калмыкова, ответ не очевиден. Помимо Красноярского алюминиевого завода, модернизация которого крайне необходима, источником опасного вещества могут быть ТЭЦ, использующие низкокачественный уголь, и даже домохозяйства, которые отапливаются таким же низкосортным углём. При анализе ситуации необходимо учитывать не только крупные источники распространения загрязнителя, но и совокупность меньших по масштабу, но значительных по общему объёму выбросов.

Вывод, сформулированный С.Н. Калмыковым, таков: “Российская академия наук должна инициировать создание своего рода сетевой лаборатории, которая бы занималась анализом сложных систем, объектами накопленного экологического вреда. Такую лабораторию можно было бы создать в Нижнем Новгороде, где есть хорошая аналитическая база институтов РАН, университет, где создаётся инновационная долина. Московский государственный университет с удовольствием подключится к этой работе, потому что решать предстоит задачу государственного масштаба”.

Научный руководитель Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН академик РАН **Р.И. Нигматулин** в дополнение к обсуждаемой теме привёл показательные цифры. По данным пятилетней давности, США на душу населения ежегодно потребляли 9 т условной нефти, страны Европейского союза — 4.5 т, Россия — 3 т (при советской власти было около 5 т, потому что заводы работали). Тем не менее перед Россией остро стоит задача повышения эффективности сжигания топлива, прежде всего угля, но не только его. Западные страны перешли от паротурбинных к парогазотурбинным установкам, которые позволяют экономить топливо, имеют более высокий

КПД, при их работе выделяется меньше  $\text{CO}_2$ . Это пример и для нашей страны, которая фактически потеряла своё газотурбинное производство.

В настоящее время примерно 90% индустриальной энергии потребляет около 20% населения планеты. Можно представить последствия для атмосферы Земли, когда и остальные 80% её жителей резко повысят уровень потребления, а они имеют на это полное право. В связи с фиксируемыми климатическими изменениями сокращение поступления двуокиси углерода в атмосферу, конечно, актуально. Каковы же источники такой минимизации? Делать ставку исключительно на возобновляемую энергетику пока рано, потому что не достигнута её коммерческая эффективность. Реальный же источник сокращения карбонового следа, по оценке академика Р.И. Нигматулина, – атомная энергетика. Человечество запугано Чернобылем и Фукусимой, но опасения надо преодолеть, потому что это достаточно чистая энергетика и она освоена. Для России атомная энергетика – ресурс, который позволит заметно уменьшить карбоновый след.

Итоги дискуссии подвёл академик **А.М. Сергеев**. Поблагодарив Сибирское отделение РАН за орга-

низацию обсуждения актуальной и для Сибирского региона, и для страны в целом проблемы, потому что она касается не только чистой науки и экономики, но прежде всего – жизни и здоровья людей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях, президент РАН поставил вопрос: возможно ли организовать качественный, всеобъемлющий экологический мониторинг при недостаточности или полном отсутствии передового научного инструментария? Ответ очевиден, если учесть, что в распоряжении институтов РАН в настоящее время всего одно воздушное судно, предназначенное для исследования атмосферных процессов, да и оно уже выработало положенный ресурс. Вызывает тревогу и организация мониторинга в арктической зоне, потому что в отличие от США, европейских стран, Японии, Китая, которые получают информацию о климатических и других процессах в Арктике со своих спутников, летающих по высокоэллиптическим орбитам, Россия такими возможностями до последнего времени не обладала. Ситуация несколько улучшилась лишь в 2021 г. – на полярную орбиту запущен первый из гидрометеорологических спутников серии “Арктика-М”.