

ческая деятельность этих микроорганизмов связана с процессами самоочищения природных сред от различного рода органических веществ, окисление которых осуществляется ими с выделением, прежде всего,  $\text{CO}_2$ , что может значительно менять газовый состав природных вод. Одновременное выявление сапрофитов (копиотрофов) и олиготрофов, сравнение их количества показывает степень минерализованности органического вещества в водах. Отношение количества олиготрофов к числу колоний сапрофитов даёт количественный показатель – индекс олиготрофности, по величине которого судят о степени обогащенности местообитания азотсодержащим органическим веществом и интенсивности процессов минерализации этого органического вещества. Индекс олиготрофности характеризует способность экологической системы к самоочищению. Низкая концентрация органического вещества в изученных водах проявилась в количественном преобладании олиготрофов над копиотрофами. Поэтому для всех исследуемых образцов показатель индекса больше единицы, что свидетельствует об активной минерализации органического вещества и способности данной экосистемы к самоочищению. Повышенный индекс олиготрофности в пробе подземной воды скв. № 11 свидетельствует о гидравлической связи между поверхностными и подземными водами, т. к. данная скважина имеет небольшую глубину и расположена на берегу озера.

Особенность состава микрофлоры воды данных скважин состоит в отчётливой их дифференциации по количеству нефтеокисляющих бактерий. Максимально высокая численность этих бактерий характерно для скв. № 1, имеющей гидравлическую взаимосвязь с оз. Казённым, в котором на момент опробования наблюдалось размножение водорослей, сопровождающееся выделением в воду углеродной органики биологического происхождения.

Железоокисляющие бактерии также присутствуют в подземных водах в большом количестве. Количественное их распределение аналогично нефтеокисляющим бактериям. Причина их максимальной численности в скв. № 1 так же связана с «цветением» озера.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 15-17-10009, гранта Президента РФ МК-4984.2016.5, гранта РФФИ №16-05-0002-мол\_а.

1 СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Минздрав России, 2002. 103 с.

2. ГОСТ 18963–73. Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа. М.: Стандартинформ, 2008. 15 с.

3. Герхардт Ф., Мюррей Р., Костилоу Р. и др. Методы общей бактериологии. М.: Мир, 1983. Т. 1. 536 с.

4. Гусев М. В., Минеева Л. А. Общая микробиология. М.: МГУ, 1973. 376 с.

УДК 550.04

## БИОСФЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОГЕНЕЗА

**В. Б. Кадацкий**

Белорусский государственный педагогический университет,  
ул. Советская 18, 220030 Минск, Республика Беларусь; v.kadatsky@tut.by

В 1975–1987 гг. в Институте геохимии и геофизики АН БССР под руководством акад. К. И. Лукашева выполнялся широкий спектр программ, в частности, по вопросам биогеохимии, геохимии ландшафтов, поведения технофильных микроэлементов, включая мгновенно возникший фактор миграции чернобыльских радионуклидов. Вместе с тем К. И. Лукашёв постоянно обращался к биосферной тематике, синтезирующей эти результаты и включающей вопросы рационального природопользования. Участие автора статьи в написании совместной с К. И. Лукашёвым монографии «Развитие биосферы в голоцене» [1] способствовало более глубокому проникновению в суть ряда биосферных проблем, включая обостряющее взаимоотношение «природа-общество». Была также осознана необходимость прогнозирования будущего биосферы, поскольку это направление становится всё более актуальным.

Многие исследователи склоняются к идее В. И. Вернадского, что биосфера постепенно сменится ноосферой [2], в которой основная движущая сила перейдёт от живого вещества к разумной деятельности общества. Однако между этими состояниями природы зародился и начал разрастаться переходный этап, получивший название «техносфера». Если в биосфере самой активной геологической

силой являются живые организмы, то в техносфере в соответствии с эмпирическими наблюдениями и биогеохимическими расчётами, эта роль постепенно переходит к суммарной деятельности человечества. Известный пример – в земной природе изредка встречается чистое Fe: в метеоритах или в редких месторождениях. Что касается технически чистого Fe, то его в год выплавляется огромная масса (около 700 млн т) и насыщается им вся поверхность планеты. Сходные процессы наблюдаются и с рядом других элементов и соединений. Так, основными источниками техногенных синтезируемых радионуклидов являются работающие атомные электростанции, их аварии, испытания ядерного оружия, захоронение радиоактивных отходов. Техногенная деятельность также производит разнообразие ядовитых соединений, не существующих в природной среде, которые включаются в различные виды миграций и начинают угрожать существованию многих видов организмов, включая их создателя. Наконец в результате хозяйственной деятельности извлекаются, перерабатываются и перемещаются миллиарды тонн горных пород, формируя искусственные антропогенные формы рельефа – техноморфы [3]. Все эти процессы продолжают активизироваться в связи с растущими материальными потребностями общества. В результате на значительных территориях формируется искусственная среда обитания с обновленным рельефом, измененными биогеохимическими процессами, включая поступление токсичных веществ в виде газов, паров, пыли и т. д.

Во второй половине минувшего века оформились разнообразные представления о том, что производственная деятельность человека негативно сказывается на элементах окружающей природы. Следы этого влияния обнаруживаются даже в сложно-доступных регионах – в Арктике, в Антарктиде и в высокогорных местностях. Появились списки глобальных проблем, несущих угрозы всему человечеству. Так, у одних специалистов это экологические вопросы, связанные с техногенным загрязнением природных сред и, следовательно, с ухудшением качества всей географической оболочки. Другие на первое место выдвигают угрозу новой мировой войны, которая может быть вызвана дефицитом исчерпаемых природных ресурсов. Кстати, её преддверие некоторые эксперты видят в существующих нефтяных спорах и непрекращающихся актах терроризма. В списках первостепенных проблем отмечается также и глобальное потепление климата, и техногенно-природные катастрофы, и еще не менее двух десятков позиций. Иными словами, их перечень и ранжирование по степени опасности варьируют у разных исследователей, что свидетельствует о сложности и недостаточной проработке темы. Вместе с тем не вызывает сомнений, что в урегулировании проблем между природой и обществом заинтересованы все государства независимо от их политического устройства, социального развития, культурных особенностей и научно-технического потенциала.

Происходящие природные изменения вызывают разностороннее беспокойство, а её будущее привлекает внимание многих наук, различных учёных, политических и общественных деятелей, любознательных граждан. В частности, в 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро состоялась знаменитая конференция ООН, которая наметила план всеобщих действий с целью сохранения доставшейся человеку природы. Участвовали представители более 170 стран и приняли так называемую концепцию «Устойчивого развития». Она призывает стабилизировать существующую экологическую ситуацию с помощью решения двух главных задач. Во-первых, необходимо естественные богатства использовать рационально; во-вторых, следует контролировать уровень развития хозяйственной деятельности способностью природных ландшафтов нейтрализовать её негативное влияние. Однако международные эксперты в последующие годы констатировать, что глобальная экологическая ситуация не улучшается. Более того, усиливаются представления, что нарастающая антропогенная деятельность в скором времени способна привести ландшафты к еще большей деградации и ухудшению их жизнеобеспечивающего функционирования. При этом крайне пессимистическая точка зрения сводится к утверждению, что «критический порог деформации окружающей среды человечеством перейден. Дальнейший экономическое развитие и сопутствующий ему рост населения дают ускорение начавшейся катастрофы и ведут к коллапсу» [4]. Выход сторонники этой идеи видят в том, что человечество в целом и каждый индивидуум в отдельности должны отказаться от сверхпотребления и вернуться в «пределы хозяйственной ёмкости экосистем». Всё остальное биосфера сделает сама с помощью, так называемой, «биотической регуляции». Причём действовать необходимо быстро (хотя сроки не уточняются), поскольку существенные изменения окружающей среды стали происходить на глазах одного поколения людей.

Накопленный глобальный опыт свидетельствует, что развитые государства не могут отказаться от достигнутого уровня благосостояния, а развивающиеся страны будут активно стремиться повысить уровень качества жизни за счёт дальнейшего усиления эксплуатации природы. Кроме того, исходя из

первоочередных экономических (и политических) противостояний как внутри ряда стран, так и между ними, решение вопросов проблемы «природа-общество» по-прежнему будет оставаться на втором плане и, следовательно, сама проблема будет обостряться и далее. Иными словами, современная цивилизация, нацеленная на потребление (при одновременном бедственном состоянии около трети населения), в принципе не способна ослабить масштабы и темпы своего воздействия на среду обитания.

Отметим, что с 70-х гг. минувшего века группой авторитетных учёных и общественных деятелей было создано международное объединение, известное как «Римский клуб». Оно стало ведущим в разработке глобальных проблем развития цивилизации в условиях современного трансформирующегося мира. В течение сорока лет по заказу Римского клуба (1972–2012 гг.) ряд авторитетных исследователей выполнил более тридцати научных докладов на различные темы, посвященные взаимоотношению «природа-общество». Их основная суть сводится к тому, что общемировые экологические проблемы будут проявляться всё более остро в связи с ростом населения планеты. С помощью компьютерных моделей в докладе под названием «Пределы роста» были представлены первые прогнозны заключения на этот счёт. Отмечалось, что темпы увеличения численности жителей планеты и безудержное потребление исчерпаемых природных ресурсов приведут в 2020 г. к общемировой катастрофе. Последующие исследования перенесли сроки наступления этого пессимистического сценария уже на середину века. Следует отметить, что авторитет Римского клуба весьма высокий и подобные представления разделяют многие учёные, политики, бизнесмены, образованные граждане.

В 1960–1970 гг. зародился общественный интерес к глобальному потеплению климата, поскольку его начали связывать с поступлением в атмосферу ряда «парниковых» газов в связи с разнообразной хозяйственной деятельностью. Приостановить в обозримые годы этот процесс не удастся, поскольку повсеместно происходит наращивание промышленного и сельскохозяйственного производств. Особенно свойственно это развивающимся странам, в которых проживает три четверти населения мира. Исходя из этих реалий и различных расчётов, большинство климатологов и экологов пришло к представлению, что уже к концу XX в. это приведёт к повышению температуры приземной атмосферы от 2 °С до 3 и даже 5 °С. С помощью журналистов проблема CO<sub>2</sub> получила беспрецедентный общественный интерес особенно в связи с ожидаемыми негативными последствиями из-за таяния льдов, подъёма уровня Мирового океана, затопления прибрежных территорий, усиления процессов опустынивания и т.д.

По мере приближения к рубежу XXI в. стала очевидной несостоятельность этих прогнозов. Само потепление, как свидетельствуют независимые данные метеонаблюдений, составило примерно 0,5–0,8 °С и его логично трактовать в качестве естественной температурной вариации. Однако наиболее радикальные сторонники «парникового эффекта» очень легко решили эту проблему. Вначале они перенесли его на середину наступившего века, а затем – ближе к его окончанию. А современное полуградусное потепление, в сравнении с малым ледниковым периодом XIV–XIX вв., обязано естественным климатическим вариациям [5], обоснованным задолго до их декларирования.

Не следует также забывать, что биосфера как саморегулирующая система способна подавлять любые негативные явления, происходящие в её пределах. Она обладает грандиозными защитными механизмами, направленными на нейтрализацию избыточных ингредиентов в своих средах посредством усиления фотосинтеза, современного карбонатакопления, связывания подвижных форм различных химических элементов в труднорастворимые соединения и т. д. Поэтому, по мере необходимости, излишние в биосфере газы, растворы, пылеватые вещества постоянно изымаются и частично переводятся либо в дополнительную первичную продукцию (урожай), либо связываются в горных породах различного состава и генезиса, и направляются в геологические запасники (почвенные и донные отложения). Сами механизмы биогеохимического регулирования техногенеза задача нынешних и будущих исследований.

С геосистемных позиций отмеченные явления весьма целесообразны. Во-первых, осуществляется перемешивание, разбавление, а также связывание разнообразных примесей (как природного, так и техногенного генезиса), что способствует самоочищению природных сред и является важным условием для последующего нормального протекания биогеохимических реакций. Во-вторых, механически гасится избыточная энергия, увеличение которой может вести к дальнейшему нарушению теплового баланса, что нежелательно для привычного функционирования природной системы любого уровня, включая всё живое.

1. Лукашѐв К. И., Кадацкий В. Б. Развитие биосферы в голоцене. Мн.: Наука и техника, 1978. 178 с.
2. Вернадский В. И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. 1944. Т. 18, № 2. С. 113–120.
3. Кадацкий В. Б., Лукашѐв К. И. Некоторые вопросы техногенного морфогенеза // Геологическое изучение территории Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1979. С. 160–163.
4. Горшков В. В., Горшков В. Г., Данилов-Данильян В. И. и др. Информация о живой и неживой природе // Экология. 2002. № 3. С. 163–169.
5. Турманина В. И. Растения рассказывают. М.: Мысль, 1987. 156 с.

УДК 550.4:631.4

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ГЕОХИМИЮ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ МИХАЙЛОВСКОГО ГОКА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ)

О. В. Кайданова, И. В. Замотаев, С. Б. Суслова, Г. С. Шилькрот

Институт географии РАН, Старомонетный пер. 29, 119017 Москва, Российская Федерация; o.v.kaydanova@igras.ru

Преобразование ландшафтов в районах добычи и переработки руд является одним из самых масштабных воздействий хозяйственной деятельности человека на природу. Наибольшей трансформации в этих условиях подвергаются геоморфологическая структура ландшафтов, а также почвенный и растительный покровы. Важным геохимическим фактором формирования новых техногенных ландшафтов становится выпадение значительного количества атмосферной пыли, образующейся при горнопромышленном производстве, рассеивании пылевого материала с отвалов вскрышных пород и хвостохранилищ. Зона атмотехногенного влияния горно-обогачительных комбинатов, связанная с большим объёмом поступления минеральной пыли, обогащенной тяжёлыми металлами (ТМ), достигает десятков километров [3–5, 8].

Литературные данные последних лет свидетельствуют об интенсивном поступлении ряда химических элементов в окружающие ландшафты от промышленных объектов Михайловского горно-обогачительного комбината (МГОКа), расположенного на северо-западе Курской обл. [2, 6, 7]. В пыли, поступающей от объектов МГОКа, преобладает Fe – 168 500 мг/кг. Высокие концентрации в техногенной пыли были отмечены также для Cu – 70 мг/кг, Mn – 750, Cr – 110, Zn – 350, Ni – 60, Pb – 60, Co – 20 [6].

Такие атмотехногенные нагрузки могут привести к изменению геохимических и гидрохимических характеристик компонентов ландшафтов, нарушению взаимосвязей между ними. В связи с этим были проведены исследования содержания ТМ в почвах геохимически сопряжённых ландшафтов, находящихся под воздействием МГОКа, и донных отложениях рр. Песочной и Черни, в долинах которых расположены все промышленные объекты МГОКа.

Определение в почвенных образцах валовых содержаний ТМ выполнено методом рентгенофлуоресцентной спектromетрии (РФА) на приборе TEFA-6111 (XRF-analysis), в донных отложениях – методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на приборе Elan-6100 в лаборатории ЦНИГРИ.

Геохимическая трансформация почв, находящихся под воздействием промышленных объектов МГОКа, оценивалась относительно серых типичных почв водоразделов, изученных в 20 км западнее МГОКа. Содержание ТМ в гумусовом горизонте этих почв принято за фоновое и составило (мг/кг): Cr – 28, Mn – 600, Co – 6,5, Ni – 14, Cu – 15, Zn – 38, Pb – 20. Уровень загрязнения почв ТМ оценивался по значениям  $K_c$  – коэффициенту техногенной концентрации химического элемента, рассчитываемого как отношение содержания химического элемента в исследуемой почве к фоновому.

Проведённые геохимические исследования показали, что уровень загрязнения почв элювиальных ландшафтов промплощадки МГОКа лежит в интервале «минимальный–слабый». Наибольшие  $K_c$  отмечены для Cu (2,7), Cr (1,8), Mn (1,7);  $K_c$  для Co, Ni, Zn и Pb изменяется от 1,2 до 1,5.

Анализ данных по содержанию ТМ в почвах элювиальных ландшафтов, находящихся в 0,3, 3 и 6 км к северу от МГОКа, свидетельствует об ослаблении аэрального поступления Mn и Co в почвы с увеличением расстояния от источников выбросов (табл. 1). В 0,3 км от промплощадки содержание в почвах Co снижается до фонового уровня. В 3 км от МГОКа фоновому уровню соответствуют кон-