

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Гребенщикова В.И.

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск,
e-mail: vgreb@igc.irk.ru*

Эколого-геохимическое изучение окружающей среды приобретает в настоящее время большое значение, так как результатом является определение территорий, благополучных для проживания человека. Окружающая среда состоит из многих сопряженных компонентов. Интерес представляет накопление и перераспределение токсичных элементов в биотических и абиотических компонентах в экосистеме в целом или в некоторых сопряженных ее составляющих: коренные породы-почва-снеговой покров-вода-донные осадки-продукты питания-биосубстраты человека и др. Эколого-геохимические исследования проводились как на всей территории Байкальского региона, так и в районах промышленных городов и некоторых рудных месторождений. Анализы элементов выполнялись в аккредитованном Аналитическом секторе ИГХ СО РАН. Рассмотрим выявленные закономерности на примере отдельных токсичных элементов.

Коренная порода-почва-донные осадки-вода. Область повышенных содержаний ртути в различных компонентах окружающей среды Байкальского региона образует широкую полосу по левобережью р. Ангары от озера Байкал до города Зима. Этот район представляет собой Ангаро-Ленскую структурно-формационную зону, где преимущественно распространены карбонатно-глинистые породы (R_3), карбонатно-галогенно-гипсоносные, алевролит-песчаниковые отложения ($V-P_z$) и породы юрского угленосного бассейна – алевролиты, конгломераты, песчаники, угли. С одной стороны, повышение содержаний ртути в этой области в почвах связано с угленосными породами, с другой – они могут отражать зону глубинного разлома, фиксируемого руслом реки Ангары, поскольку известны данные о повсеместной приуроченности относительно повышенных концентраций ртути к зонам тектонических нарушений, в том числе и к Байкальской рифтовой зоне. Так, повышенные содержания ртути отмечены в воде Байкала на глубине 600-1200 м, где ее содержание в 2-5 раз выше, чем в поверхностной воде Байкала (2-25 м), но не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК) (аналитик Л.Д. Андрулайтис). Известно также заметное повышение содержаний ртути в воде глубинных источников и в воде истока реки Ангары во время землетрясений (1998-1999 гг.) [Коваль и др., 2003] или ураганов (2004 г.).

Источником техногенной Hg в почвах в Байкальском регионе являются химические предприятия ООО «Усольхемпром» (г. Усолье-Сибирское), ООО «Саянскхимпласт» (г. Зима), где ранее использовался ртутный электролиз. Еще одним источником поступления Hg являются угледобывающие предприятия Прибайкалья и воздушный перенос ее при сжигании угля на ТЭЦ. В сельскохозяйственных областях отмечается агрохимическое загрязнение почв, где в качестве удобрения ранее использовался препарат гранозан, содержащий Hg. Относительно повышенные содержания Hg, обусловленные техногенными источниками, отмечаются преимущественно в верхних горизонтах почв, а стабильные содержания Hg во всех горизонтах почв обусловлены природными источниками – коренными породами.

Несмотря на большой техногенный пресс за счет промстоков с химических предприятий, содержание Hg в речных водах региона и в воде Братского водохранилища ниже ПДК для питьевой воды, так как Hg локализуется в основном на геохимических барьерах. Однако при аварийных сбросах сточных вод с промышленных предприятий седиментационный барьер не «справляется», и содержание Hg в воде временно увеличивается.

Проведенные исследования показали, что на всей территории Прибайкалья средние содержания Hg во всех компонентах окружающей среды не превышают средних содержаний по мировым данным, и рассматриваемая территория (за исключением химических

промплощадок) относится к группе относительно удовлетворительного состояния. Вместе с тем, геохимической особенностью почв региона является избыточное среднее содержание ртути относительно кларка в земной коре ($4.5 \times 10^{-6}\%$) практически на всей территории Прибайкалья.

Снег-почва. Каждый промышленный город Байкальского региона имеет свою геохимическую специфику в плане наличия разных предприятий – химические, металлургические, строительные или закрытые после войны заводы. По основным токсичным элементам (Hg, Pb, Be, Zn, Cu, As, Cd, F и др.) отчетливо выделяются по составу снеговой воды, твердого осадка снега и по химическому составу почв следующие города Прибайкалья: Усолье-Сибирское (повышенные содержания Hg, Si, B), Зима (Hg, Co), Шелехов (F, Be, Al), Свирск (As, Cd, Pb, Zn), Ангарск (Mo, U, S). Между отмеченными повышенными содержаниями элементов в каждом городе отмечается корреляция.

Коренная порода-почва-вода-растение. Влияние минерального и химического состава коренных пород на сопряженное почвообразование известно уже давно. Нами это подтвердилось на нескольких примерах в регионе, в частности на химическом составе почв, развитых на карбонатитах Белозиминского тантал-ниобиевого месторождения (Восточный Саян). Определение содержаний Nb, Ta, U, Th в пробах пород, почв и золе растений проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа (аналитик Т.С. Айсуева), а в воде – методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (аналитики Е.В. Смирнова, Н.Н. Пахомова).

Содержания элементов в карбонатитах существенно различаются, что связано с наличием в них рудных минералов. Содержания Nb варьируют от 9 (в нерудных образцах) до 1052 мг/кг. Содержание Ta достигало 38 мг/кг, однако он обнаружен не во всех пробах. В пробах с повышенным содержанием Ta также обнаруживаются и повышенные содержания U (до 45 мг/кг). Содержания Th в породах изменялись от 3 до 187 мг/кг (среднее 71 мг/кг). Региональный фон урана в коренных породах составляет 1.3 мг/кг, а тория – 3.8 мг/кг [Гребенщикова и др., 2008]. Измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения проводилось с помощью дозиметра ДКГ-07Д «Дрозд». В различных пунктах измерений она варьировала от 0.18 до 4.34 мкЗв/час, что соответствует 1.6-38.0 мЗв/год при норме 1 мЗв/год для населения. Наибольшие значения выявлены в приземном слое воздуха на разрушенной фабрике, что в первую очередь связано с высокими содержаниями Th и U в техногенных отходах. По радиэкологическому фактору пос. Белая Зима ранее был признан зоной экологического бедствия [Государственный доклад..., 1996] и прекратил свое существование.

Почвы этого района по показателю кислотности характеризуются близкой к нейтральной или слабокислой реакцией среды. По химическому составу все почвы характеризуются низкими содержаниями SiO_2 и высокими – Ca, Sr, P, а также редких и рассеянных металлов. Изучение распространения Ta, Nb, U, Th в почвах показывает повышенные их содержания, так как почвы унаследуют химический состав пород (табл. 1). Для Nb и Ta характерным оказалось увеличение их содержаний с глубиной. Уран достаточно равномерно распределен в профиле горной дерново-карбонатной выщелоченной почвы. Для Th в разных типах почв заметных изменений содержаний не обнаружено. Региональный фон U в аккумулятивных горизонтах почв Прибайкалья составляет 2.01 мг/кг, а Th – 6.26 мг/кг [Гребенщикова и др., 2008]. Дополнительный техногенный привнос в почвы токсичных металлов, очевидно, был связан с переработкой тантал-ниобиевых руд. Анализ химического состава проб техногенной пыли, взятой на заброшенной фабрике, показал, что содержания элементов здесь достигают очень высоких значений: Nb до 16.69 %, Ta 0.443 %, Th 0.29 %. По сравнению с этими элементами, пыль в меньшей степени обогащена U до 50 мг/кг (0.005 %).

С целью изучения вовлечения Nb и Ta в биологический круговорот изучался химический состав растений: хвоя пихты, зеленые части злаковых, папоротников, лютиков. В золе этих растений изучаемые элементы методом РФА не были обнаружены, что может

свидетельствовать об их низком вовлечении в биогенный круговорот (несмотря на высокое содержание в почвах).

Таблица 1

Содержание в почвах ниобия, тантала и радиоактивных элементов, мг/кг

Почвенный горизонт	Nb	Ta	Th	U
Горная дерново-карбонатная выщелоченная почва на делювии карбонатитов				
A ₀ (На массу золы)	87	Не опр.	Не опр.	Не опр.
A	1756	96	43	23
AB _m	1451	90	40	25
B _m	3198	143	51	24
Аллювиально-луговая				
A	373	< 30	31	6
B	262	< 30	47	9

Химический состав донных отложений реки (в районе поселка) отражает химический состав почв и почвообразующих пород. Здесь также обнаружены повышенные содержания (мг/кг) Nb (450), U (8) и Th (42).

Изучение химического состава воды не выявило активной водной миграции элементов, что связано как с особенностями формирования водного стока, так и с малой миграционной способностью Nb, Ta и Th [Перельман, 1961]. Воды реки характеризуются низкой минерализацией (71 мг/дм³), характерной для рек региона в целом, а также низкими содержаниями изученных элементов (мкг/дм³): Nb 0.0005; Ta 0.0003; Th 0.0013; U 0.056.

Коренные породы и дренирующие их поверхностные воды. Характерной особенностью Ангаро-Витимского батолита, занимающего около 150 тыс. кв. км вдоль восточного побережья озера Байкал, является отсутствие в слагающих его гранитах отрицательной аномалии Eu, что обычно не характерно для гранитов и даже, наоборот, в некоторых разновидностях гранитов батолита присутствует положительная европиевая аномалия (Eu/Eu* – 1.1-4.0). На западном побережье озера магматические породы с таким характером распределения редкоземельных элементов не имеют распространения.

Сравнение распределения редкоземельных элементов в гранитах и в воде восточных притоков Байкала показывает, что положительные Eu аномалии в гранитах, занимающих значительную площадь, наследуются водой дренирующих притоков при взаимодействии воды с гранитами Ангаро-Витимского батолита, и характер распределения Eu в воде вообще является характеристикой пород водосборных территорий. С другой стороны, наличие положительной Eu аномалии в воде притоков [Склярова, Скляров, 2009] указывает на широкое распространение гранитоидов с положительной аномалией Eu в спектре редкоземельных элементов на территории батолита. С западной стороны Байкала в воде притоков отсутствует положительная аномалия Eu как в породах, так и в воде притоков.

Продукты питания-биосубстраты человека. Продукты питания являются одним из основных источников поступления токсичных элементов в организм человека. Исследуя микроэлементный состав органов и тканей рыб, овощных растений можно получить наиболее объективную биогеохимическую оценку экосистем. Мышьяк и ртуть являются одними из самых опасных химических экотоксикантов, поскольку имеют широкое распространение в объектах окружающей среды Прибайкалья и вызывают тяжелые последствия в живых организмах. Результаты анализов показали, что в мышечной ткани рыб Братского водохранилища содержание As (район г. Свирска, где находится разрушенный завод по производству мышьяка) и Hg (район г. Усолье-Сибирское, химическое предприятие) превышали уровень ПДК и фоновые значения на 2-3 порядка [Коваль и др., 2008; Пастухов и др., 2008]. В местных овощных культурах (картофель, капуста, свекла, морковь и др.) в районе г. Свирска также повышено содержание As, а в районе г. Усолье-Сибирское – Hg [Белоголова и др., 2009; Гордеева и др., 2010].

В биосубстратах человека токсиканты могут накапливаться до высоких пределов. Особенно четко это проявлено на примере интенсивного накопления Hg, Pb, As и Cd в волосах детей [Склярова и др., 2010]. Исследование влияния техногенной нагрузки в промышленных городах Прибайкалья на элементный состав волос его жителей показало, что содержание Al, Mn, Cd и Pb более, чем на порядок, превышают установленные физиологические нормативные значения.

Таким образом, в пределах Байкальского региона установлена отчетливая корреляция элементов между различными сопряженными компонентами окружающей среды и биосубстратами человека.

Литература

Белоголова Г.А., Гордеева О.Н., Коваль П.В., Джао К.Х., Гао Г.Л. Закономерности распределения и формы нахождения тяжелых металлов в техногенно-трансформированных черноземах Южного Приангарья и Северо-Восточного Китая // Почвоведение. 2009. №4. С. 1-12.

Гордеева О.Н., Белоголова Г.А., Гребенщикова В.И. Распределение и миграция тяжелых металлов и мышьяка в системе «почва-растение» в условиях г. Свирска (Южное Прибайкалье) // Проблемы региональной экологии. 2010. №3. С. 108-113.

Государственный доклад. О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 1995 г. – Иркутск. 1996. – 227 с.

Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон). – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 2008. – 236 с.

Коваль П.В., Бутаков Е.В., Виноградова Т.П., Пастухов М.В., Удодов Ю.Н. Ртуть в биогеохимическом цикле Братского водохранилища и экологические последствия ртутного загрязнения // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. – М.: ИФЗ РАН. 2008. Т. 4. С.97-112.

Коваль П.В., Удодов Ю.Н., Андрулайтис Л.Д., Саньков В.А., Гапон А.Е. Ртуть в воде истока р. Ангары: пятилетний тренд концентрации и возможные причины его вариаций // Доклады Академии наук. 2003. Т. 389. № 2. С. 235-238.

Пастухов М.В., Гребенщикова В.И., Андрулайтис Л.Д., Рязанцева О.С., Азовский М.Г. Биоаккумуляция ртути рыбами Братского водохранилища // Материалы объединенной III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященная памяти Б.А. Флерова «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы» и конференции по гидроэкологии «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок» (п. Борок, 11-16 ноября 2008 г.). 2008. С.66-70.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Географгиз. 1961. – 496 с.

Склярова О.А. Андрулайтис Л.Д. Белоголова Г.А. Микроэлементный состав волос – биоиндикатор антропогенной нагрузки территории (на примере промышленных районов Иркутской области) // Геоэкологические проблемы современности. Доклады 3-й Международной конференции. Владимир. 2010. С. 271-273.

Склярова О.А., Скляров Е.В. Геохимическая специфика водосборного бассейна как определяющий фактор распределения редкоземельных элементов в притоках озера Байкал. Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту». 2009. Вып. 7. Т. 2. С. 87-90.