

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 550.47

№ госрегистрации 01201351647

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГХ СО РАН

чл.-корр. РАН

_____ В.С. Шацкий

« ____ » _____ 2014 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Геохимическая трансформация окружающей среды в природных и техногенных
ландшафтах Восточной Сибири

№ 0350-2014-0004

(промежуточный)

Научный руководитель темы

_____ д.г.-м.н. В.И. Гребенщикова
подпись, дата

Иркутск 2014

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, д-р
геолого-минералогических наук,

В.И. Гребенщикова

подпись, дата

Ответственные исполнители темы:

д-р геолого-минералогических наук

В.И. Гребенщикова (раздел
1)

подпись, дата

кандидат геолого-минералогических
наук

Г.А. Белоголова (раздел 2)

подпись, дата

кандидат биологических наук

М.В. Пастухов (раздел 3)

подпись, дата

кандидат геолого-минералогических
наук

О.А. Склярова (раздел 3)

подпись, дата

УДК 550.47

Реферат

Отчет включает 21 стр., 11 илл., 3 ист.

Ключевые слова: компоненты окружающей среды, геохимия, мониторинг, геохимическая трансформация, природные и техногенные ландшафты, водные экосистемы.

Проведены мониторинговые геохимические исследования снегового покрова, почв и воды в г. Тайшете Иркутской области и его окружении в связи со строительством алюминиевого завода.

Проведены биогеохимическое изучение распределения Hg и биофильных элементов в различных условиях техногенеза Южного Прибайкалья.

Изучены фазовые состояния As в ризосфере почв и особенности его биоаккумуляции при различных условиях.

Изучены особенности и выявлены закономерности распределения, аккумуляции и миграции микроэлементов в воде, донных отложениях и трофических цепях гидробионтов водоемов с природной и техногенно измененной средой обитания.

Содержание

Введение	5
Раздел 1 Продолжение многолетних геохимических исследований уровней накопления химических элементов в различных компонентах окружающей среды (снег, почва, поверхностная вода, растения, продукты питания, биосубстраты человека и др.) на опорных мониторинговых станциях Прибайкалья (озеро Байкал и другие озера, исток Ангары, каскад водохранилищ, отстойники и др.)	6
Раздел 2 Трансформация биогеохимических процессов в системе почва – растение в техногенных ландшафтах Южного Прибайкалья	8
Раздел 3 Изучение эволюции водных экосистем Прибайкалья с различной геохимической обстановкой и техногенной нагрузкой	11
Основные результаты проведённого исследования	18
Список публикаций по теме	19
Список использованных источников	21

Введение

Проблема загрязнения окружающей среды и изменение климата – одна из актуальных проблем современного мира. Антропогенная нагрузка на окружающую среду и климат заметно усиливается, и химические элементы, в том числе, элементы-токсиканты (Hg, Pb, Zn, U, As, Cd, Cu, Be, Al, F и др.) активно включаются в биогенный и абиогенный потоки миграции. При этом существенно нарушаются безопасность, качество жизни биоты и человека. Проблема загрязнения верхней оболочки Земли элементами-токсикантами и определение источника их поступления (природного, техногенного, трансрегионального переноса) является одной из важнейших задач современной биогеохимии с выходом на правильное и рациональное природопользование. Пытаясь сохранить природное наследие, многие страны мира уделяют этой проблеме большое внимание, принимая законы, ограничивающие или запрещающие оказывать химическое влияние на окружающую среду. В настоящее время во многих странах проводится экологический мониторинг за состоянием различных компонентов окружающей среды и изменением климата. С позиции современных представлений необходимо учитывать и понимать взаимосвязь природных и техногенных факторов и их влияние на природу и человека. Известно, что в техногенных экосистемах, в отличие от природных, происходит нарушение биогеохимических циклов многих элементов за счет дополнительного их поступления и уменьшения содержаний эссенциальных (жизненно важных) элементов. Антропогенно-индуцированные изменения окружающей среды в значительной мере воздействуют на химический состав абиотических и биотических компонентов водоемов, уровень трофности, биоразнообразие и, безусловно, качество вод. Одной из важнейших задач, вставших перед человечеством в настоящее время, является сохранение водных ресурсов в эпоху техногенеза. Особо актуально эта проблема стоит в Байкальском регионе, обладающем крупнейшими в мире запасами пресной воды. С позиции современных представлений необходимо учитывать и понимать взаимосвязь природных и техногенных факторов и их влияние на природу и человека.

Раздел 1 Продолжение многолетних геохимических исследований уровней накопления химических элементов в различных компонентах окружающей среды (снег, почва, поверхностная вода, растения, продукты питания, биосубстраты человека и др.) на опорных мониторинговых станциях Прибайкалья (озеро Байкал и другие озера, исток Ангары, каскад водохранилищ, отстойники и др.)

1.1 Проведение мониторинговых геохимических исследований снегового покрова, почв и воды в г. Тайшете Иркутской области и его окружении в связи со строительством алюминиевого завода

Проведены эколого-геохимические исследования, направленные на изучение распределения концентраций потенциально токсичных элементов (Al, Be, F, Li) в снеговом покрове, почвах и поверхностной воде в районе строящегося алюминиевого завода и анодной фабрики возле г. Тайшет с целью дальнейшего изучения воздействия алюминиевого производства на окружающую среду региона.

Распределение содержаний Al, Be, Li, F в снеговой воде и твердом остатке снега вокруг строящегося алюминиевого завода достаточно равномерное и находится на уровне фоновых значений (рисунок 1). Исключение составляют две точки в западном направлении на расстоянии в 300 м и в 4 км от строящегося завода, в которых обнаружены повышенные содержания Al в снеговой воде – 163 мкг/л и 170 мкг/л, при среднем содержании по району – 16 мкг/л.

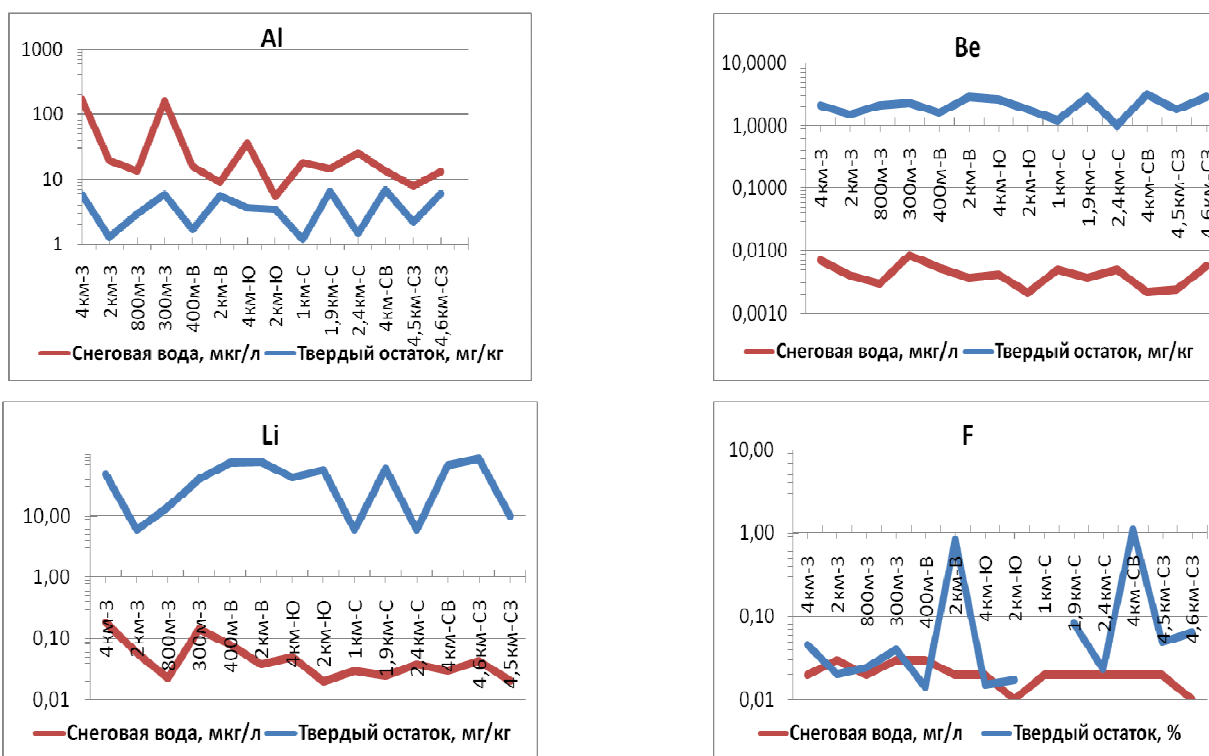


Рисунок 1. Распределение содержаний Al, Be, Li, F в снеговой воде и твердом остатке снега вокруг строящегося Тайшетского алюминиевого завода.

Результаты анализа поверхностной воды рек, протекающих поблизости от Тайшетского алюминиевого завода, показало, что в р. Байроновке отмечаются высокие содержания Al и Be (159 мкг/л, 0.014 мкг/л) по сравнению с р. Акульшетка (4.2 мкг/л, 0.002 мкг/л) и р. Бирюса (32.1 мкг/л, 0.007 мкг/л). С большой долей вероятности, повышенные концентрации Al и Be в р. Байроновке связаны с разгрузкой подземных вод, более насыщенных этими элементами.

В почвенном покрове вокруг строящегося Тайшетского алюминиевого завода содержания Al от 4 до 8 % при среднем – 6.4 %. Распределение в основном равномерное (рисунок 2) и находится на уровне почвенного кларка (7.13%). Среднее содержания F в почвенном покрове составляет 0.05 % при варьировании от 0.03 до 0.08 %. Распределение F также равномерное, но несколько выше почвенного кларка (0.02 %). Распределение Be равномерное, где среднее содержание составляет 1.5 мг/кг при варьировании от 0.9 до 2 мг/кг. В сравнении с почвенным кларком (6 мг/кг) содержания Be ниже в 2 раза.

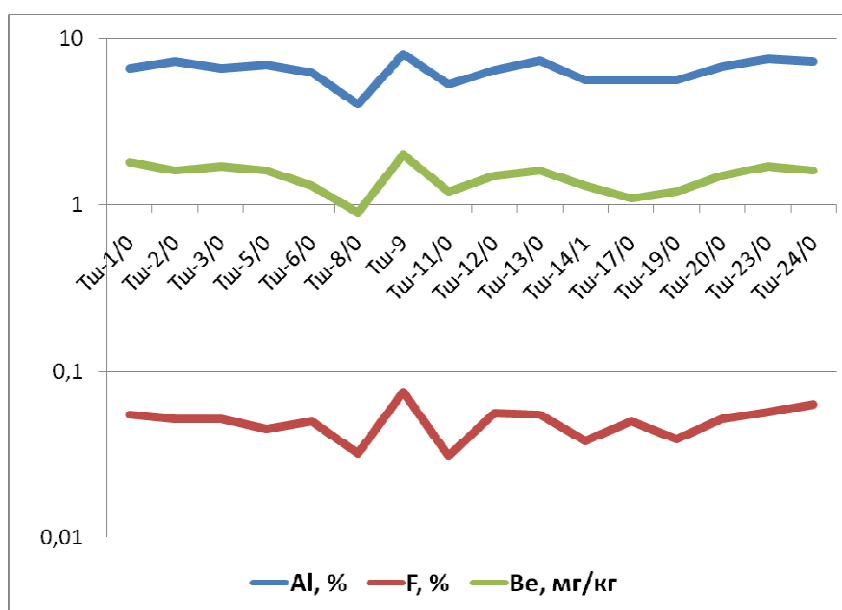


Рисунок 2. Содержания элементов в почвенном покрове вокруг Тайшетского алюминиевого завода

Полученные в ходе выполнения работ данные показали, что почвенный покров вокруг строящегося алюминиевого завода имеет свою геохимическую специфику и испытывает минимальное антропогенное воздействие.

Раздел 2 Трансформация биогеохимических процессов в системе почва – растение в техногенных ландшафтах Южного Прибайкалья

2.1 Проведение биогеохимического изучения распределения Hg и биофильных элементов в различных условиях техногенеза Южного Прибайкалья.

Изучены формы нахождения ртути в почвах с помощью постадийного выщелачивания по схеме Bloom et al. [2003]. Установлено, что ртуть в почвах предприятия «Усольехимпрома» и окрестностей г. Усоля-Сибирского (рисунок 3) находится преимущественно в органической (Ф3) и прочносвязанной (Ф4) фракциях. Высокое содержание ртути в органической фракции подчеркивает важную роль в ее миграции органических веществ почвы. Максимальная концентрация ртути в этой фракции установлена в почвах окрестностей г. Усоля-Сибирское, что может быть связано с более благоприятными условиями гумусообразования по сравнению с промышленной территорией «Усольехимпрома» и, как следствие, повышенной фиксацией ртути органическими веществами почвы. Ртутьорганические соединения могут играть важную роль в бионакоплении металла растениями. На это указывает прямая корреляция между содержанием ртути в органической фракции почв и содержаниями ее в растениях ($R=0.91$, $P=0.033$). Сульфидная фракция (5), представляющая наименее растворимые и подвижные соединения ртути в почвах, составляет незначительную долю от суммы фракций. Концентрации Hg в легкоподвижных фракциях – водо- (Ф1) и кислоторастворимой (Ф2) – также невысокие.

Главной отличительной особенностью почв г. Свирска является преобладание в них прочносвязанных (Ф4) и сульфидных (Ф5) фракций ртути (рисунок 3). Особенно это характерно для максимально загрязненных почв, отобранных в 5-10 м от отвалов металлургического завода. Этот факт обусловлен, прежде всего, наличием техногенных примесей в почвах – сульфидных огарков, источником которых являются отвалы, существовавшие на территории города в течение нескольких десятков лет. Доля ртути в органической фракции (Ф3) почв г. Свирска значительно ниже, чем в почвах «Усольехимпрома» и окрестностей г. Усоля-Сибирское. Некоторое увеличение ртути в органической фракции сельскохозяйственных почв, отобранных на дачных участках г. Свирска (в 200-500 м от отвалов), может быть связано с применением органических удобрений. В связи с высоким содержанием ртути в связанных формах, доля ее в подвижных водо- (Ф1) и кислоторастворимой (Ф2) фракциях почв г. Свирска незначительная. В связи с низкой подвижностью ртути в почвах не наблюдается ее накопления в растениях г. Свирска.

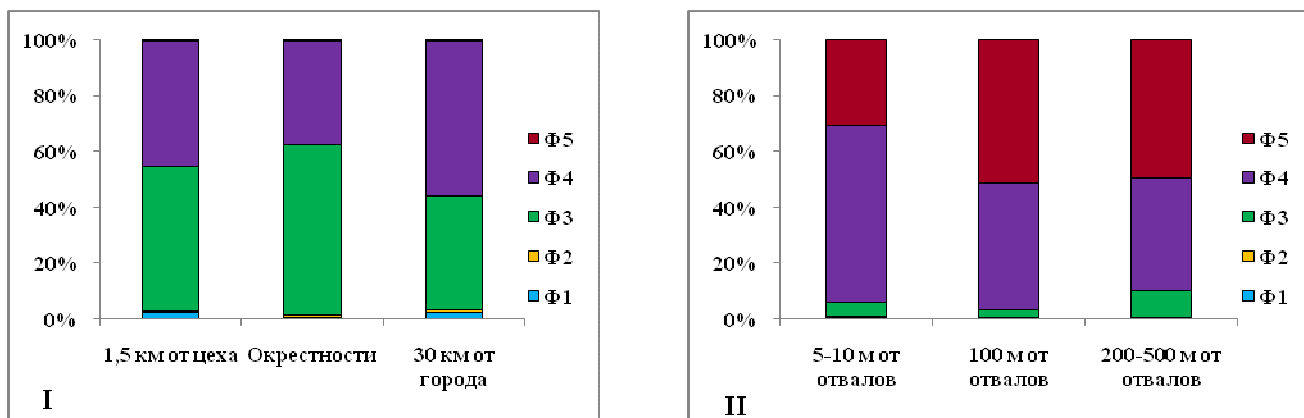


Рисунок 3. Распределение ртути (%) в различных фракциях почв «Усольехимпрома» и окрестностей г. Усолья-Сибирского (I), г. Свирска (II).

Формы нахождения ртути в почвах в значительной степени зависят от исходного состояния ртути, в котором она поступала в почвы от основного источника. В случае с хлорно-щелочным предприятием «Усольехимпром» ртуть поступала в почвы в элементарном состоянии (Hg^0), а в случае техногенных отвалов металлургического производства в г. Свирске ртуть была изначально в минеральной, преимущественно сульфидной, форме, что и определило дальнейшую судьбу этого металла в изученных почвах.

2.2 Кроме ртути, на примере г. Свирска изучены биогеохимические особенности некоторых макроэлементов. Последние большей частью находятся в почвах в закрепленных минеральных фракциях, особенно Fe, Al, Na и K. Концентрации их в легкообменной форме имеют тенденцию увеличиваться при удалении от техногенной зоны города. В изученных почвах установлен дефицит подвижных форм P и K, являющихся важными элементами питания растений. Бионакопление необходимых элементов питания, K, Mn и P, в условиях сильного техногенного загрязнения (вблизи отвалов) снижается, а в относительно чистых участках (в окрестностях города), напротив, увеличивается. Это указывает на микроэлементный дисбаланс в растениях техногенных зон.

2.3 Изучение фазовых состояний As в ризосфере почв и особенности его биоаккумуляции при различных условиях.

Продолжено изучение фазового состояния As в почве и особенности его аккумуляции в растениях в зонах техногенного загрязнения. Легкообменная и карбонатная фракции As относятся к наиболее подвижным формам, которые способны легко поступать в растения. Связь мышьяка в легкообменной и карбонатной фракциях в почвах с его содержаниями в растениях показана на рисунке 4.

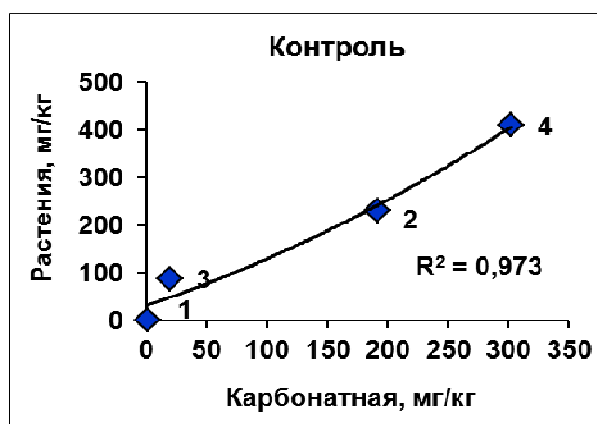
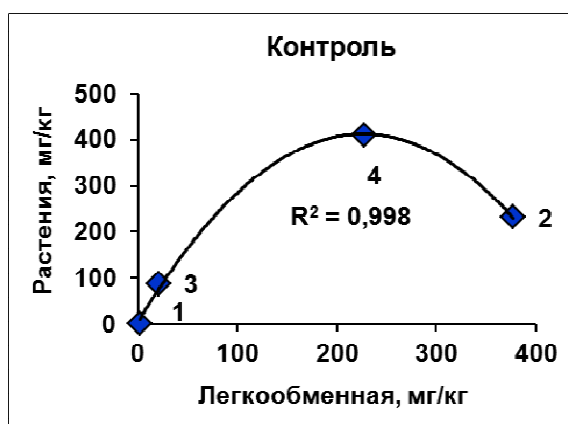


Рисунок 4. Зависимость среднего содержания As (мг/кг сухого вещества) в растениях от его содержания в легкообменной и карбонатной фракциях (мг/кг) почвы ризосферы
 Участки: 1 – условно фоновый в 15 км; 2 – в 500 м; 3 – в 100 м; 4 – в 10 м от источника загрязнения.

Установлены высокие значения коэффициентов корреляции между содержанием мышьяка в растениях и концентрацией его в легкообменной и карбонатной фракциях почвы. Максимально высокие значения коэффициентов биологического накопления Кб, рассчитанные относительно содержания As в легкообменной и карбонатной фракциях, характерны для данных форм. Это указывает на значительное влияние подвижных форм мышьяка на его аккумуляцию в растениях.

Установлена зависимость миграционной активности As в подвижных фракциях от pH почв. Увеличение $pH_{\text{водная}}$ до 8.0 в почвах участка 2 приводит к увеличению концентраций As в растениях, что показано на рисунке 4. На максимально загрязненном участке 4 с пониженными содержаниями pH в почве наблюдается обратная закономерность.

Исследование форм нахождения элементов-токсикантов в почвах дает возможность оценить особенности их миграции в системе «почва-растение», что имеет большое значение для разработки методов ремедиации почв и новых биотехнологий в растениеводстве.

Раздел 3 Изучение эволюции водных экосистем Прибайкалья с различной геохимической обстановкой и техногенной нагрузкой

3.1 Оценка влияния подземных термальных вод и впервые выявленного в Байкальской рифтовой зоне холодного кислого источника на состав прибрежных вод Северного Байкала.

В пределах водосборного бассейна Северной части Байкала нами исследованы пять выходов азотных терм, имеющих сток непосредственно в озеро (рисунок 5).

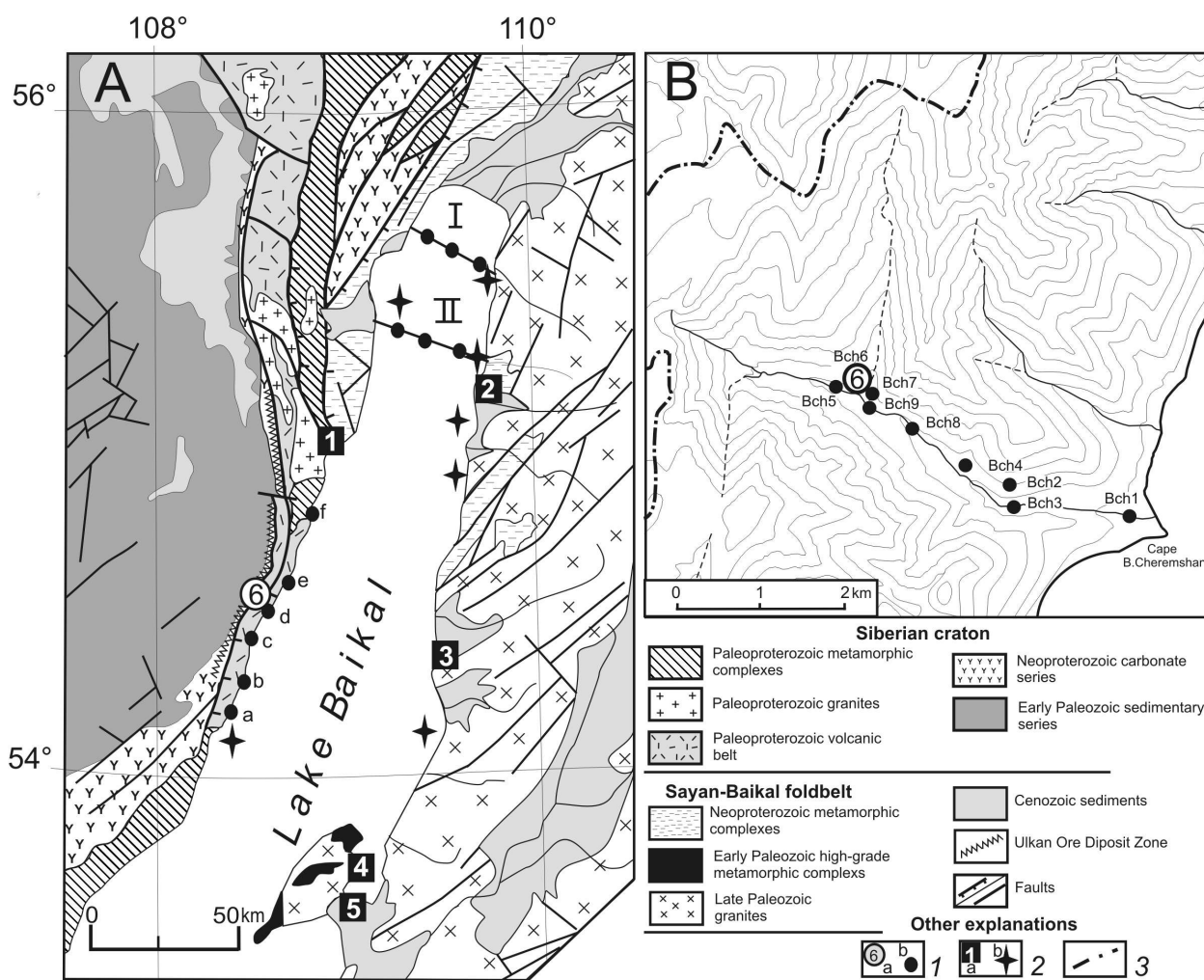


Рисунок 5. Схематическая геологическая карта Северного Прибайкалья (А) и схема опробования реки Большая Черемшанная (В). 1 – холодные воды: а – кислый источник, б – реки; 2 – горячие источники: а – выходы у береговой линии озера, б – субаквальная разгрузка [Голубев, 2007].

Общей особенностью гидротерм является малая минерализация от 0.25 до 0.51 г/л и высокие концентрации кремния (45-104 мг/л), находящиеся в прямой зависимости от температуры воды и в обратной от соленасыщенности. Для вод всех горячих источников характерны высокие концентрации SO_4 , Cl, F и Na, превышающие на 1,5-2 порядка содержание соответствующих компонентов в байкальской воде. Агрессивная среда растворов, определяемая высокими температурами и щелочной средой, приводит к интенсивному выщелачиванию Al, Fe, Zn, Ge, As, Mo, W (рисунок 6) из вмещающих пород

и насыщению ими терм. Прямую зависимость от температуры, наряду с кремнием показывают щелочные металлы, содержания которых составляют от 10n до 100n мкг/л (Li, Rb, Cs). Холодный кислый источник характеризуется значительными концентрациями Al, Mn, Co, Ni, Cu, Y, REE, содержания которых на 3-4 порядка выше, чем в байкальской воде.

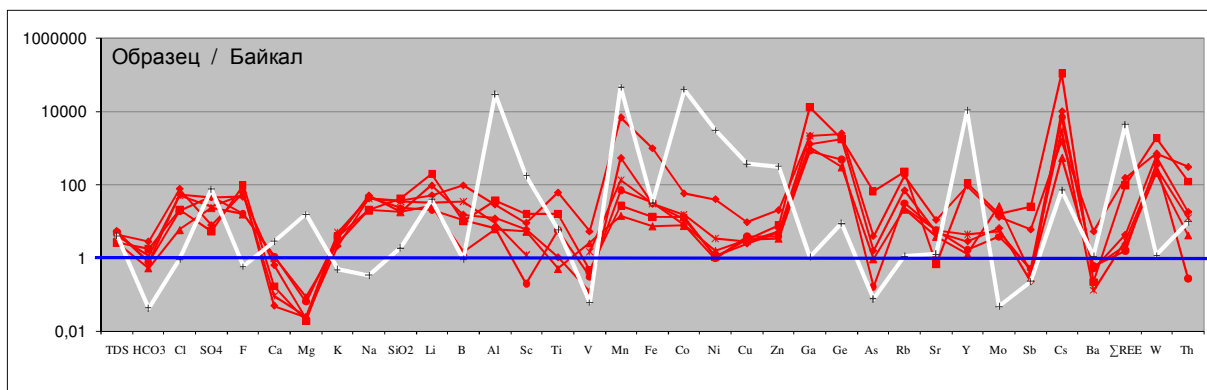


Рисунок 6. Спайдер-диаграмма. Красным цветом обозначены гидротермы, белым – холодный кислый источник.

Несмотря на значительное превышение в холодном кислом и термальных источниках ряда вышеотмеченных элементов по отношению к байкальской воде, их влияние на состав воды Байкала весьма незначительно, но можно прогнозировать возникновение локальных аномалий некоторых элементов в донных осадках Байкала.

3.2 Оценка ключевых факторов отвечающих за механизмы мобилизации и фракционирование РЗЭ в малых притоках озера Байкал.

Исследованы реки СЗ Прибайкалья, местоположение которых показано на Рис. 36А. Все эти притоки характеризуются небольшой протяженностью (9-14 км), $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ и $\text{SO}_4\text{-Ca}$ составом воды и значительными вариациями минерализации от 20 до 300 мг/л. Определение форм нахождения РЗЭ в речной воде показало, что только в реке Большой Черемшан более 80% от общего содержания РЗЭ представлено взвешенным веществом, для остальных рек эта величина не превышает 30% (рисунок 7), а в основном элементы в речных водах находятся в форме коллоидов и железо-органических комплексов.

Исключение характерно только для Се, который в речной воде мигрирует в основном во взвешенном состоянии. Сопоставление распределения РЗЭ в притоках озера Байкал и в преобладающих породных комплексах водосборных бассейнов свидетельствует о том, что состав исходных пород является определяющим фактором в распределении РЗЭ в растворенном веществе речной воды. Физико-химические параметры (рН и минерализация) имеют второстепенное значение, но оказывают влияние на абсолютные концентрации РЗЭ.

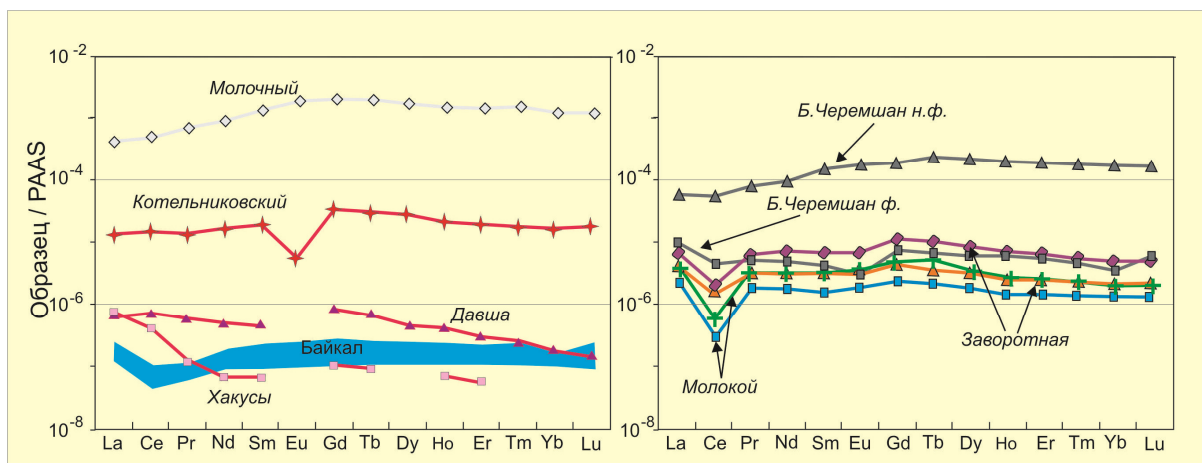


Рисунок 7. Распределение РЗЭ в исследованных пробах.

3.3 Изучение миграционных форм нахождения основных элементов водовмещающих пород (Al, Fe, Mn), оказывающих непосредственное влияние на накопление и перераспределение тяжелых металлов и их биогеохимические циклы в воде и донных отложениях Братского водохранилища.

Исследованы район максимального загрязнения Братского водохранилища – г.г. Усолье-Сибирское, Свирск и районы вне явных источников загрязнения – приток р. Ангары – р. Унга, междуречье р. Осы и р. Унга и район д. Усть-Уда. Определено, что Fe, Al и Mn переносятся в водной массе в виде взвешенных частиц собственных гидроксидов, мигрирующих либо в форме коллоидов, либо в виде продуктов их коагуляции. При предпочтительно грубодисперсной форме переноса соотношение ее меняется в районах с различной техногенной нагрузкой. Увеличение растворенной формы для Fe, Mn и Al в воде водохранилища наблюдается по мере удаления от техногенных источников. Так, на глубине 44 м в районе д. Усть-Уда (наименьшая техногенная нагрузка) превалирует растворенная форма железа, а грубодисперсная форма отсутствует. Присутствие железа в форме Fe^{2+} указывает на дополнительный природный источник его поступления в водные массы, вероятно связанный с подтоком подземных вод по трещинам в бортах долины водохранилища (рисунок 8).

Методом последовательного экстрагирования в донных отложениях и затопленных почвах впервые определены формы нахождения Fe, Al, Mn в районе основного седиментационного барьера Братского водохранилища. Установлено, что большая часть этих элементов находится в форме трудноразлагаемых силикатов. Из подвижных форм марганец в большей мере присутствует в легкообменной фракции при подчиненном значении фракции легкоразрушаемых силикатов (рисунок 9), железо – во фракции легкоразрушаемых силикатов.

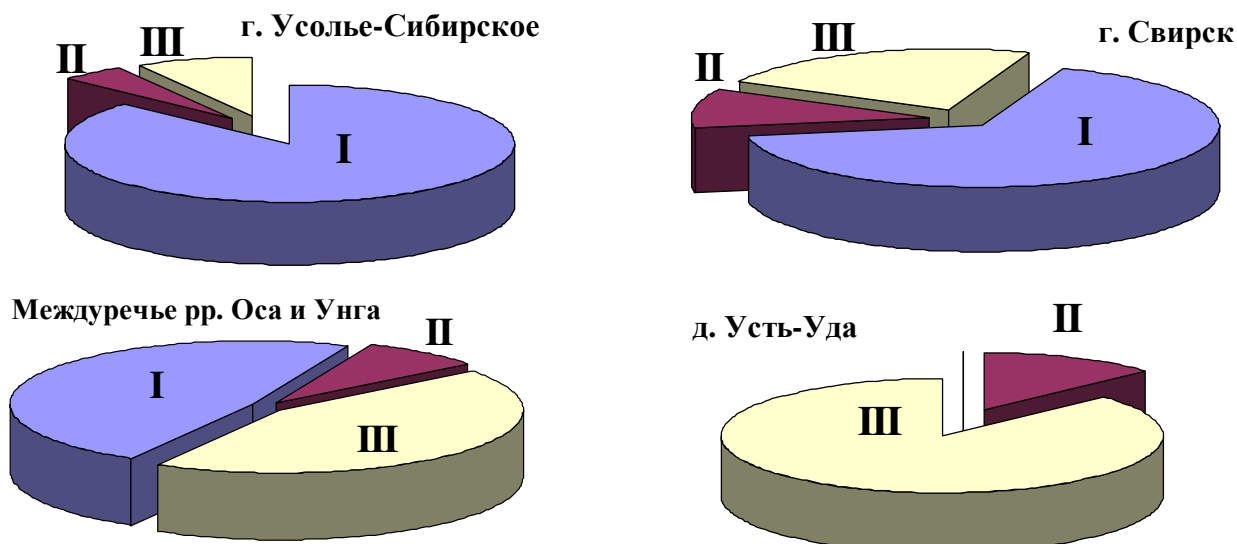


Рисунок 8. Формы железа в воде Братского водохранилища
I – грубодисперсная; II – мелкодисперсная и коллоидная; III – растворенная формы

Количественное соотношение форм элементов различно по глубине осадка: содержание марганца в легкообменной фракции уменьшается и увеличивается во фракции легкоразрушаемых силикатов, обратная зависимость наблюдается для железа. По подвижности в донных осадках и затопленных почвах изученные элементы образуют следующий ряд: $Al \ll Fe < Mn$.

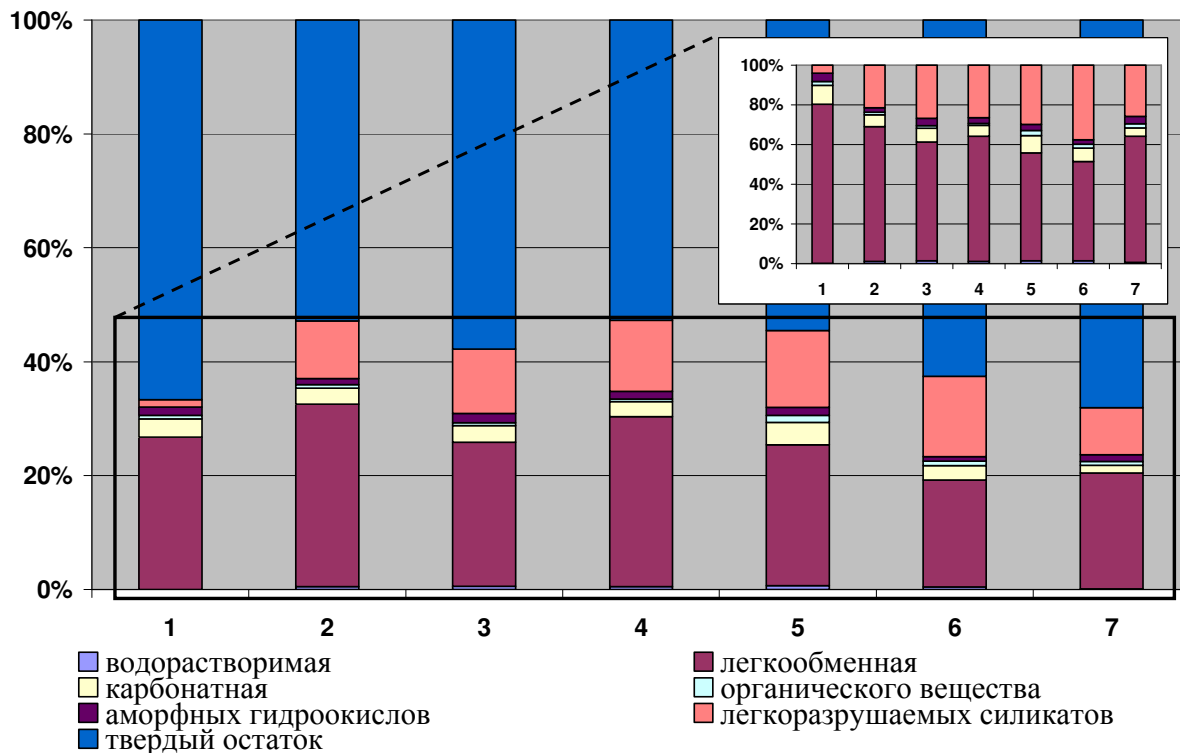


Рисунок 9. Формы нахождения марганца в донных отложениях основного седиментационного барьера Братского водохранилища. *1 – слой донных отложений от 0 до 4 см, 2 – от 18 до 20 см, 3 – от 30 до 34 см, 4 – от 48 до 50 см, 5 – от 68 до 72 см, 6 – от 78 до 80 см, 7 – затопленная почва.*

3.4 Выявление особенностей аккумуляции и биомагнификации As, Pb, Cd, Hg, Se гидробионтами бентосной и пелагической пищевых цепей оз. Байкал в районах с различной степенью антропогенной нагрузки.

Методом ИСП-МС проанализированы Cd, Hg, Pb, As и Se в воде, планктоне, бентосе и рыбах двух локальных участков оз. Байкал, с наибольшей вероятностью подверженных антропогенному воздействию – район напротив Селенгинского мелководья и Лиственничный залив (район истока р. Ангара). Трофический уровень рассматриваемых гидробионтов определялся по показателям изотопов углерода и азота – $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$.

Проведенное исследование показало преимущественно низкие концентрации микроэлементов в оз. Байкал, которые меньше или сопоставимы с подобными данными по другим незагрязненным пресноводным экосистемам. Наряду с этим, обнаружены существенные различия содержания Cd, Hg, Pb, As и Se в воде и гидробионтах как между исследованными участками оз. Байкал, так в пелагической и бентосной пищевых цепях из одного района. Несмотря на то, что средние концентрации Pb на порядок больше в воде Селенгинского участка по сравнению с Лиственничным заливом (0.0331 и 0.0040 мкг/л, соответственно), его содержание в рыбах значительно выше в Лиственничном заливе (рисунок 10). Это может быть связано с большей биодоступностью свинца в Лиственничном заливе, вызванной меньшим содержанием в воде природных лигандов, участвующих в комплексообразовании с металлами. Аналогичная тенденция наблюдалась для Cd, Hg и Se – более высокие концентрации в планктоне Лиственничного залива при отсутствии значимых различий их концентраций в воде обоих участков.

Значительные отличия в аккумуляции микроэлементов между пелагическими и донными рыбами обнаружены для Hg и As. Концентрации Hg были в 7 раз выше в донных рыбах, в то время как пелагические рыбы содержали вдвое больше As (рисунок 10). Как известно, отношение Se:Hg в гидробионтах <1 указывает на высокую вероятность интоксикации ртутью [Peterson et al., 2009]. Рассчитанное для мышц всех рассматриваемых видов рыб молярное отношение Se:Hg, показало, несмотря на то, что Байкал входит в селендефицитную провинцию, содержание в пробах Se по отношению к Hg находится в избытке (1.47-264). В связи с этим, в настоящее время вероятность индуцированной ртутной токсичности для эндемичных рыб оз. Байкал очень низка. Результаты исследований

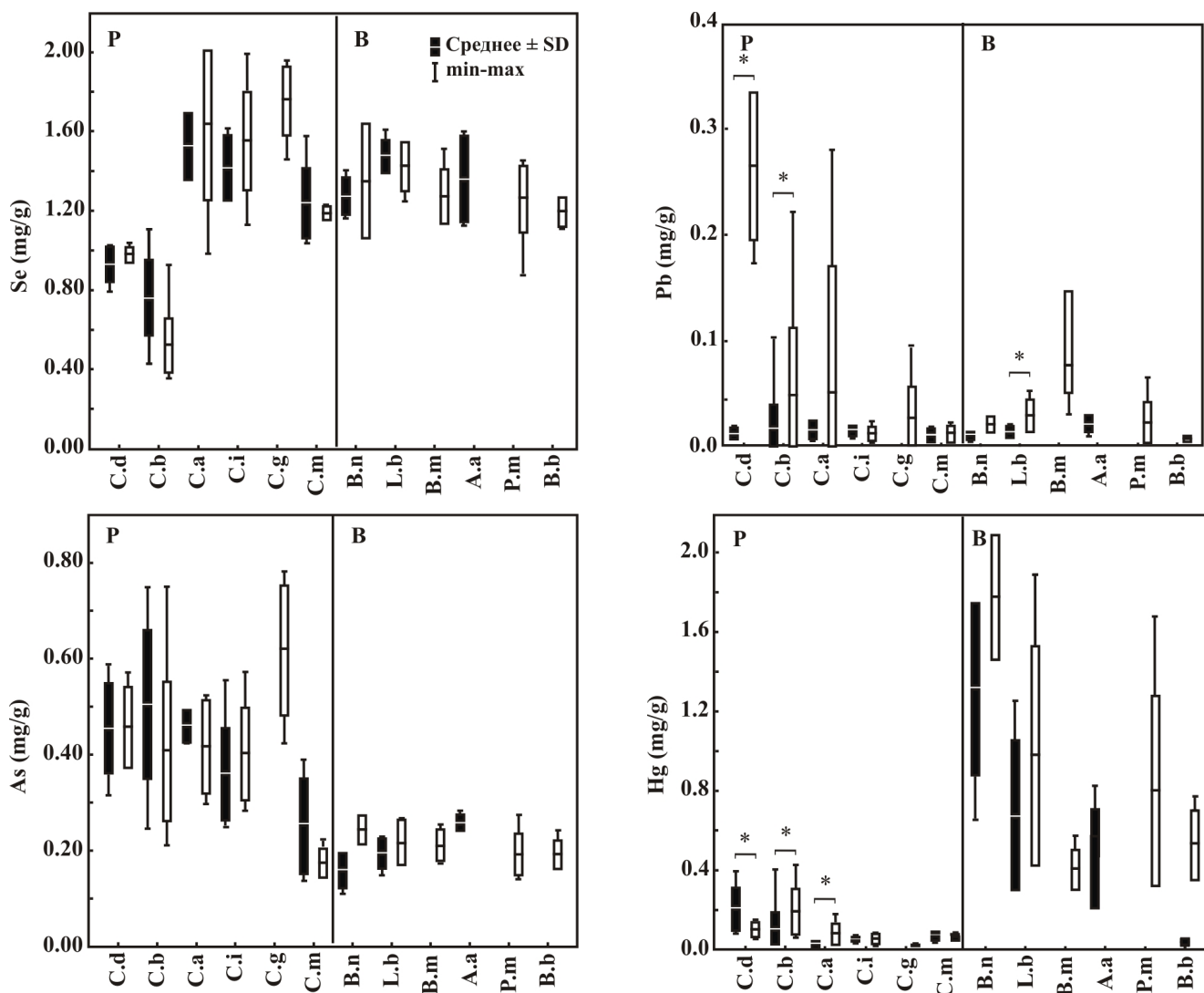


Рисунок 10. Концентрации Cd, As, Pb, Se и Hg в образцах мышечной ткани пелагических (P) и донных (B) рыб оз. Байкал (C.d. – *Comephorus dybowski*; C.b. – *C. baicalensis*; C.a. – *Cottocomephorus alexandrae*; C.i. – *C. inermis*; C.g. – *C. grewingkii*; C.m – *Coregonus aut. migratorius*; B.n – *Batrachocottus nikolskii*; B.m. – *B. multiradiatus*; B.b. – *B. baicalensis*; L.b. – *Limnocottus bergianus*; A.a. – *Asprocottus abyssalis*; P.m. – *Procottus major*). Черные колонки – участок напротив р. Селенги, белые – Ливенничный залив (возле истока р. Ангара). Звездочки указывают на существенные ($p < 0.05$) различия между выборками из двух районов Байкала. Концентрации приведены в мкг/г сухого веса.

показали, что в пелагической и бентосной пищевых цепях Байкала происходит биомагнификация (биоусиление) Hg, в то время, как для As, Cd и Pb наблюдается обратный процесс – биоразбавление при повышении трофического уровня (рисунок 11).

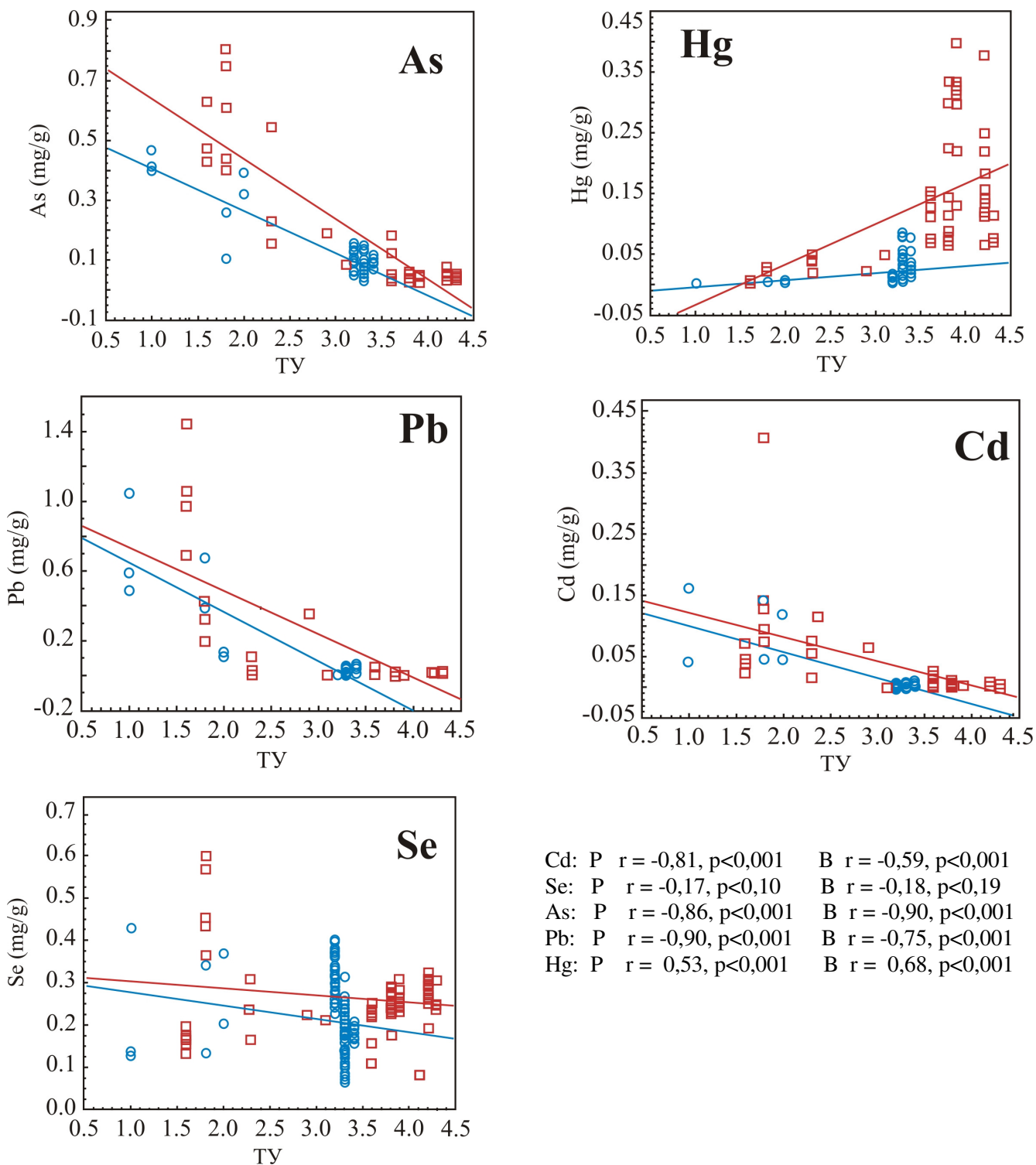


Рисунок 11. Зависимости между концентрациями микроэлементов (Cd, As, Pb, Se, Hg) и трофическим уровнем беспозвоночных и рыб пелагической (синяя линия) и бентосной (красная линия) пищевых цепей оз. Байкал. Концентрации приведены в мкг/г влажного веса.

Основные результаты проведённого исследования

Изучена зависимость формы нахождения As на участках с различной степенью загрязнения почв и в различных её фракциях: легкообменной, карбонатной, органической, связанной с гидроксидами железа и выделенной этилендиаминтетраацетатом натрия с накоплением As в растениях при влиянии ризосферных бактерий. Установлено, что хелатные соединения мышьяка могут накапливаться на клетках этих бактерий, создавая барьер для поступления его в растения, что представляет большое значение для разработки новых экобиотехнологий в растениеводстве и ремедиации почв.

Гидрогеохимические исследования холодного кислого источника и гидротерм с выходами у береговой линии Байкала позволили прогнозировать возникновение локальных аномалий Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cd, REE и Y в донных осадках Байкала. Изучение аккумуляции и биомагнификации Cd, Hg, Pb, As и Se в воде, планктоне, бентосе и рыбах оз. Байкал позволило определить особенности и закономерности поведения этих элементов, которые могут быть использованы для выявления возможных источников загрязнения экосистемы озера.

Список публикаций по теме

1. Загорулько Н.А., Гребенщикова В.И., Склярова О.А. Многолетняя динамика химического состава вод реки Крестовки (приток озера Байкал) // География и природные ресурсы, 2014, № 3, С. 76-82.
2. Клименков И.В., Судаков Н.П., Пастухов М.В. Обонятельный эпителий как источник аутологических стволовых, прогениторных и других малодифференцированных нейтральных клеток // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология, 2014, Т. 8, С. 80-84.
3. Козлова А.А., Халбаев В.Л., Айсуева Т.С., Егодуров А.Е., Нечаева В.В., Мокрушина А.С., Чиркова Е.Г., Винокурова А.В. Содержание различных форм железа в почвах Южного Предбайкалья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014, №5, С. 56-61
4. Романов Р.Е., Чемерис Е.В., Вишняков В.С., Чепинога В.В., Азовский М.Г., Куклин А.П., Тимофеева В.В. Chara strigosa (streptophyta: charales) в России // Ботанический журнал, 2014, Т. 99, № 10, С. 1148-1161.
5. Скляров Е.В., Сквитина Т.М., Склярова О.А., Котов А.Б., Толмачева Е.В., Великославинский С.Д. Позднечетвертичные высокотемпературные гейзериты Приольхонья (Байкальская рифтовая зона): петрографические и минералогические особенности, состав и условия формирования // Петрология, 2014, Т. 22, № 6, С. 580-591.
6. Соколова М.Г., Белоголова Г.А., Гордеева О.Н., Акимова Г.П. Влияние ризосферных бактерий на рост растений и накопление ими тяжелых металлов на техногенно загрязненных почвах // Агрохимия, 2014, № 2, С. 73-80.
7. Солотчина Э.П., Скляров Е.В., Солотчин П.А., Вологина Е.Г., Склярова О.А. Минералогия и кристаллохимия карбонатов голоценовых осадков озера Киран (*Западное Забайкалье*): связь с палеоклиматом // Геология и геофизика, 2014, № 4, С. 605-618.
8. Филимонова Л.М. Оценка атмосферного загрязнения методами геохимической съемки снегового покрова в районе алюминиевого производства // Современные наукоемкие технологии, 2014, № 7-2, С. 47-49.
9. Козлова А.А., Халбаев В.Л., Айсуева Т.С., Егодуров А.Е., Нечаева В.В., Мокрушина А.С., Чиркова Е.Г., Винокурова А.В. Содержание различных форм железа в почвах Южного Предбайкалья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014, №5, С. 56-61.

10. Козлова А.А., Гюлалыев Чингиз оглы Гюлалы, Халбаев В.Л., Нечаева В.В., Егодуров А.Е, Сабуцкий М.А., Ушаков Д.А., Зурбанова А.Л., Минаков К.К.. Физико-химические свойства и удельное электрическое сопротивление некоторых типов почв Южного Предбайкалья и Приольхонья // European Geographical Studies, 2014. Vol.(3). № 3. pp. 108-115.

Список использованных источников

- 1 Bloom N. S., Preus E., Katon J., Hiltner M. Selective extractions to assess the biogeochemically relevant fractionation of inorganic mercury in sediments and soils // *Anal. Chim. Acta*, 2003, N. 479, P. 233-248.
- 2 Голубев В.А. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне. - Новосибирск: «Гео», 2007. – 223 с.
- 3 Peterson, S.A., Ralston, N.V.C., Whanger, P.D., Oldfield, J.E., Mosher, W.D., Selenium and mercury interactions with emphasis on fish tissue // *Environmental Bioindicators*, 2009, V.4, P. 318-334.