
Приоритетное направление 7.12. ЭВОЛЮЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.

Программа VII.65.2. ГЕОХИМИЯ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СИБИРИ.

Проект VII.65.2.3 БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

(научный руководитель проекта д.г.-м.н. В.И.Гребенщикова)

Блок 1. Изучение особенностей распределения, форм нахождения и миграции химических элементов в абиотических и биотических компонентах окружающей среды Байкало-Ангарской водной системы (отв. исполнители: д.г.-м.н. В.И.Гребенщикова, д.г.-м.н. И.С.Ломоносов, к.б.н. М.Г.Азовский, к.г.-м.н. В.И.Алиева, к.б.н. Т.П.Виноградова, к.г.-м.н. Г.П.Королева, н.с. М.В.Пастухов, м.н.с. О.С.Рязанцева, м.н.с. М.С.Акимова, м.н.с. Н.А.Загорулько, м.н.с. Д.А.Носков).

• **Мониторинговые исследования ионного состава воды истока реки Ангары (озеро Байкал).**

Река Ангара является единственным поверхностным стоком озера Байкал, соответственно можно полагать, что вода истока Ангары отражает средний химический состав воды озера Байкал или его южной части. С 1997 г. в Институте геохимии СО РАН были начаты мониторинговые наблюдения за составом воды в истоке реки Ангары (Коваль и др., 2003, 2005), которые продолжаются и в настоящее время. По концентрации ионов водорода (рН) вода истока реки Ангары изменяется от нейтральной – 6,2 до слабо щелочной – 8,5. Согласно данных всех исследователей, вода истока Ангары низкоминерализованная, гидрокарбонатно-кальциевого состава. Средняя минерализация за изученный период составляет 95,46 мг/л. Относительно пониженная минерализация чаще всего отмечается в январе-феврале. Сезонные изменения состава воды происходят на фоне межгодовых, циклических изменений минерализации, обусловленных преимущественно гидрокарбонат-ионом. Статистический анализ показал наличие отчетливой корреляции между гидрокарбонат-ионом и минерализацией (0,82), а также между калием и натрием (0,74), более слабо выражена корреляция минерализации и сульфат-иона (0,47). Для большинства макрокомпонентов характерно чередование

максимумов и минимумов с периодичностью в 3-5 лет (Рис. 37-39).

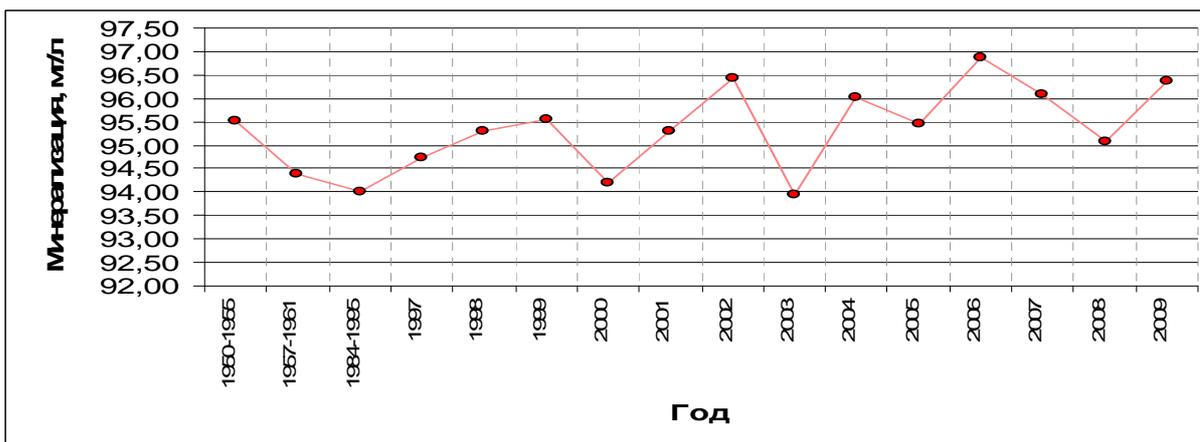


Рис. 37. Межгодовое изменение минерализации в воде истока реки Ангары за период 1950-2009 гг.

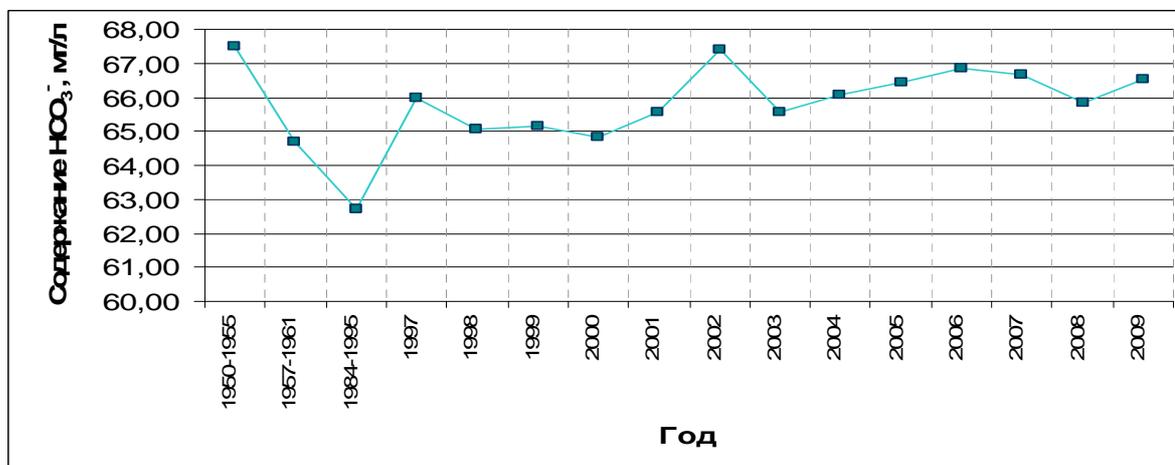


Рис. 38. Тренд изменения содержаний HCO₃⁻ в воде истока реки Ангары за период 1950-2009 гг.

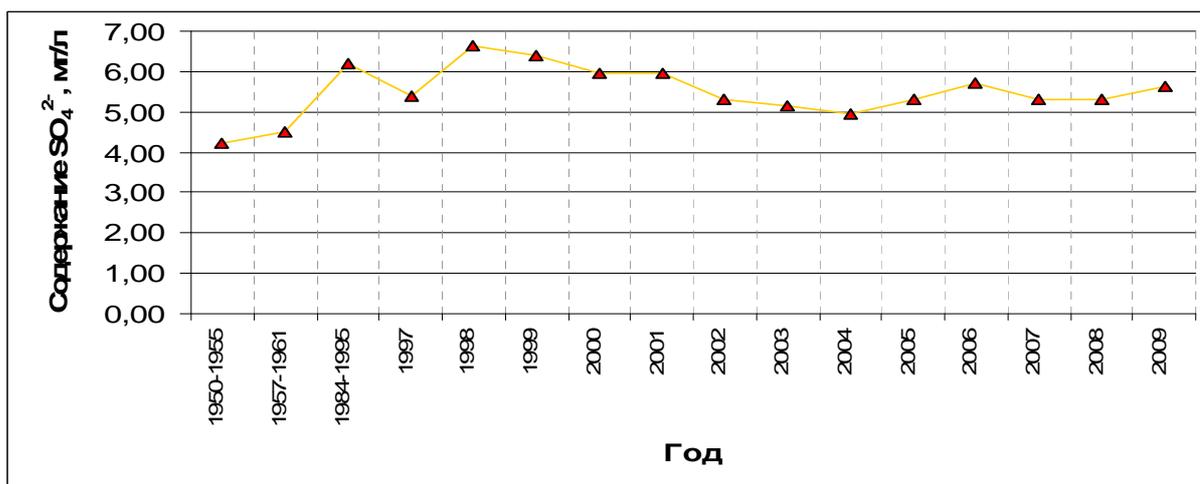


Рис. 39. Тренд изменения содержаний SO₄²⁻ в воде истока реки Ангары за период 1950-2009 гг.

Проведенные за тринадцатилетний период систематические наблюдения и сравнение их с ранее полученными данными (Рис. 37-39) (1950-1955гг. – Глазунов, 1963; 1957-1961 гг. – Николаева, 1964; 1984-1995 гг. – Шпейзер и др., 2000)

свидетельствуют о несущественных изменениях ионного состава воды истока реки Ангары за последние 59 лет, в основном связанных с сезоном года, с природными катаклизмами (землетрясения, ураганы) и с изменениями уровня Байкала. Влияние антропогенного воздействия на макросостав воды в настоящее время не установлено, что объясняется буферизирующей ролью самого Байкала.

• **Распределение йода в поверхностных и подземных водах Прибайкалья**

Начаты исследования по распределению йода в различных водоисточниках Прибайкалья. Объектами исследования являются поверхностные (реки, озера) и подземные (родники, колодцы, скважины) воды питьевого и сельскохозяйственного назначения.

В большинстве опробованных рек концентрация йода ниже $0,002 \text{ мг/дм}^3$. Уровень содержания йода $0,010 \text{ мг/дм}^3$, который согласно П.С. Савченко (1961) достаточен для отсутствия развития йоддефицитных заболеваний у населения, в поверхностных водах Прибайкалья не достигается. Среднее содержание йода по всем исследованным рекам невысоко и составляет $0,0023 \text{ мг/дм}^3$.

По уровню минерализации подземные воды изменяются от ультрапресных ($\text{TDS} < 200 \text{ мг/дм}^3$) до соленых ($\text{TDS} 3000\text{-}10000 \text{ мг/дм}^3$). TDS – сумма растворенных солей. Для оценки обеспеченности населения йодом эти водоисточники представляют наибольший интерес, т.к. широко используются для питьевых и сельскохозяйственных нужд. Содержание йода в подземных водах (Рис. 40) варьирует в широких пределах. Наибольшие содержания отмечены для скважин в п. Тургеневка (трасса п. Баяндай – залив Мухор) и в п. Бурдугуз (Байкальский тракт). Вода последней скважины достаточно сильно минерализована ($\text{TDS} - 4659 \text{ мг/дм}^3$ и используется санаторием «Байкал» в лечебных целях. Самые низкие содержания йода наблюдаются в родниковых водах. Среднее содержание йода по всем изученным подземным водам составляет $0,0065 \text{ мг/дм}^3$, что почти в 3 раза превышает его значение для поверхностных вод, но также не достигает концентрации $0,01 \text{ мг/дм}^3$, необходимой для человека.

Для поверхностных вод характерна высокая корреляция йода со многими ионами

основного состава, в первую очередь с катионами Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и суммой растворенных солей (TDS), коэффициенты для них превышают значение 0,9. Не наблюдается корреляции между йодом и азотсодержащими ионами (NO_3^- , NO_2^- и NH_4^+) и фосфатами. Совершенно по-другому обстоят дела с подземными водами. Практически все коэффициенты не превышают значение 0,5, что говорит об отсутствии значимых корреляционных связей между йодом и основным ионным составом вод.

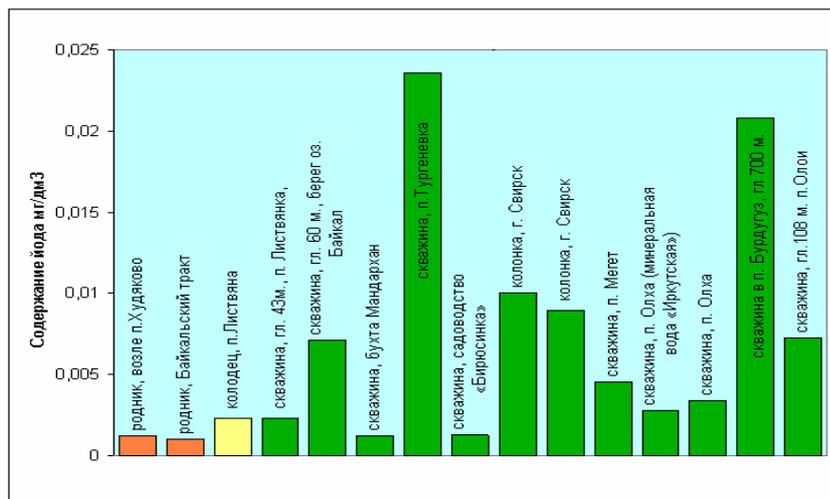


Рис. 40. Содержание йода в подземных водах.

• Биоаккумуляция химических элементов гидробионтами природных и техногенных водоемов.

Проведены исследования биоаккумуляции ртути органами и тканями разновозрастных байкальских тюленей. Полученные результаты показали сходство распределения ртути в организмах щенков, неполовозрелых и взрослых байкальских тюленей в независимости от их питания. Наименьшее накопление ртути происходит в подкожном жире животных, который занимает значительную долю (обычно более 45%) от общего веса тюленей младших возрастов. Максимальные концентрации отмечены в органах выделения – печени и почках, а также в волосяном покрове (Рис. 41).

Волосяной покров байкальской нерпы, как и других морских и наземных млекопитающих, играет значительную роль в накоплении и последующем ежегодном удалении ртути вместе со старым волосом во время процесса линьки. Печень и почки, выполняя функцию детекторов, фильтров и трансформаторов

токсических веществ, несут основную ответственность за контроль уровня накопления ртути в организме нерпы. Эти органы способны накапливать концентрации ртути на порядки, превышающие ее содержание в тканях и органах нерпы. Благодаря выделительной функции печени значительная часть ртути поступает в кишечник вместе с желчью. В дальнейшем часть ртути, прошедшей через печеночный фильтр, может вторично участвовать в гепатоэнтеральной циркуляции, вновь всасываясь кишечником.

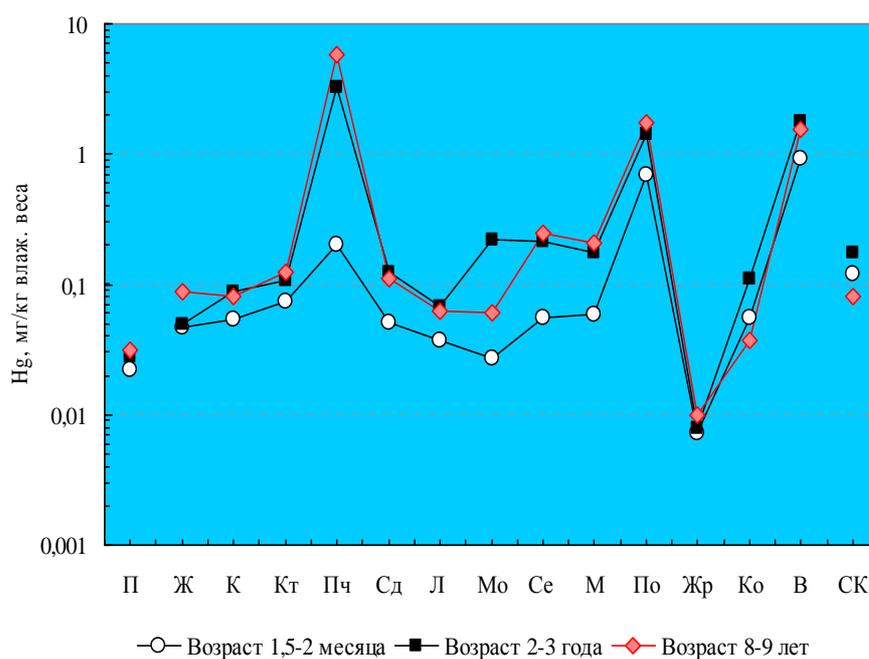


Рис. 41. Средняя концентрация общей ртути в различных органах и тканях щенков, 1-2 летних и 8-9-летних байкальских тюленей.

П – пища (щенки – молоко, 1-9-летние – рыба), Ж – желудок, К – тонкий отдел кишечника, Кт – толстый отдел кишечника, Пч – печень, Сд – сердце, Л – легкие, Мо – мозг, Се – селезенка, М – мышцы, По – почки, Жр – подкожный жир, Ко – кожа, В – остевые волосы, СК – содержимое прямой кишки.

Установлено, что ртуть имеет наибольший фактор концентрации в сравнении с другими химическими элементами, содержащимися в печени байкальской нерпы. Вычисленный коэффициент биоконцентрации ($CF = 40 \cdot 10^5$) для ртути в печени 27 разновозрастных байкальских нерп (0,125-15 лет) демонстрирует высокую степень усвоения ртути организмом из всех источников поступления (вода, пища, воздух), в значительной степени превышая ее выделение в результате биологических процессов. По сравнению с ртутью фактор концентрации других элементов варьировал в промежутке от $< 3,5 \cdot 10^2$ для Si, Sr, Ba до $3,5 \cdot 10^4$ для Cd (Рис. 42).

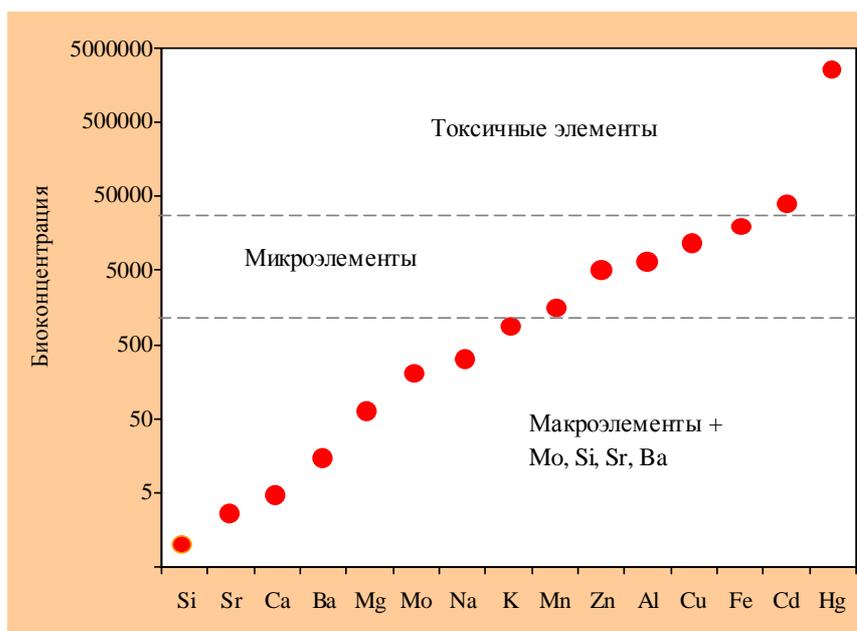


Рис. 42. Биоконцентрация химических элементов в печени байкальских тюленей относительно их концентрации в воде оз. Байкал.

Установлена динамика концентраций ртути в мышцах речного окуня в водоемах Байкало-Ангарской водной системы, испытывающих различную техногенную нагрузку. Наименьшие концентрации Hg обнаружены в природном водоеме – оз. Байкал и Иркутском водохранилище, слабо подверженном техногенной нагрузке. Максимальные концентрации (значительно превышающие уровень ПДК) отмечены в районе основного седиментационного барьера Братского водохранилища (район о. Конный), где происходит осаждение основной массы взвешенного вещества, транспортирующего ртуть от техногенных источников.

Пространственное распределение концентраций Hg в окуне связано главным образом с ее содержанием в донных осадках, с интенсивностью процессов метиляции и десорбции, приводящих ко вторичному загрязнению водной среды. По мере удаления от седиментационного барьера концентрация ртути в донных отложениях снижается и, как следствие, снижается уровень накопления этого токсиканта в рыбах. В нижней части Братского водохранилища, а также в Усть-Илимском водохранилище концентрация ртути в мышцах окуня становится близкой к фоновому уровню оз. Байкал и Иркутского водохранилища, что указывает на эффективную работу барьерных зон и незначительный транспорт ртути в растворенных формах.

Наблюдается некоторое повышение ртутных концентраций в рыбах в районе наполнения Богучанского водохранилища, что, вероятно, связано с поступлением этого элемента из субэкральных почв. При заполнении Богучанского водохранилища до нормального подпорного уровня (НПУ) с большой долей вероятности следует ожидать резкое повышение концентраций ртути в рыбах и других гидробионтах, поступающей из затопленных субэкральных почв (Рис. 43).

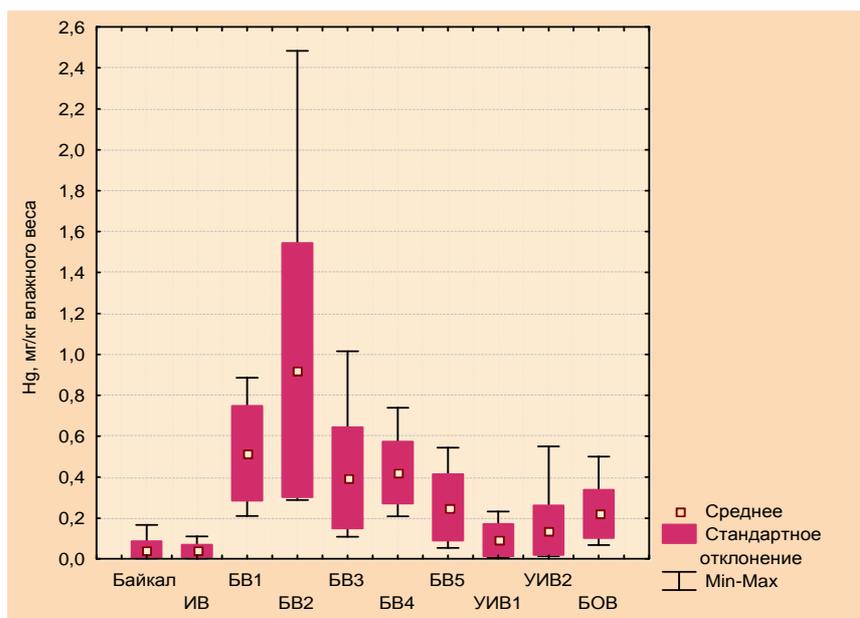


Рис. 43. Изменение концентраций ртути в мышечной ткани речного окуня в водоемах Байкало-Ангарской водной системы с различной степенью техногенной нагрузки.

ИВ – Иркутское водохранилище; Братское водохранилище: БВ1 – г. Усолье-Сибирское, БВ2 – о. Конный, БВ3 – Балаганское расширение, БВ4 – средняя часть вдхр., БВ5 – нижняя часть вдхр.; Усть-Илимское водохранилище: УИВ1 – верхняя часть вдхр., УИВ2 – нижняя часть вдхр.; БОВ – район планируемого Богучанского водохранилища. ПДК Hg для хищных рыб – 0,6 мг/кг влажного веса.

• Распределение ртути в высших водных растениях

Установлено, что по уровню концентрации ртути в водных растениях можно диагностировать степень ртутного загрязнения экосистем водоемов. При сопоставлении величин содержания ртути у отдельных видов растений, обитающих в одном водоеме, установлено, что существенное значение имеет видовая специфичность растений. Как наилучшие ртутные концентраторы водные мхи, кладофора и рдест гребенчатый предлагаются в качестве объектов биогеохимической индикации для мониторинга ртутного загрязнения сибирских водоемов. Так, водные мхи и кладофора, вегетирующие круглый год, служат показателем многолетнего ртутного загрязнения воды. Выбор в качестве индикатора

рдеста гребенчатого среди укореняющихся погруженных растений обусловлен не только высоким уровнем биоаккумуляции ртути, но и его широким распространением в водоемах Сибири (Рис. 44, 45).

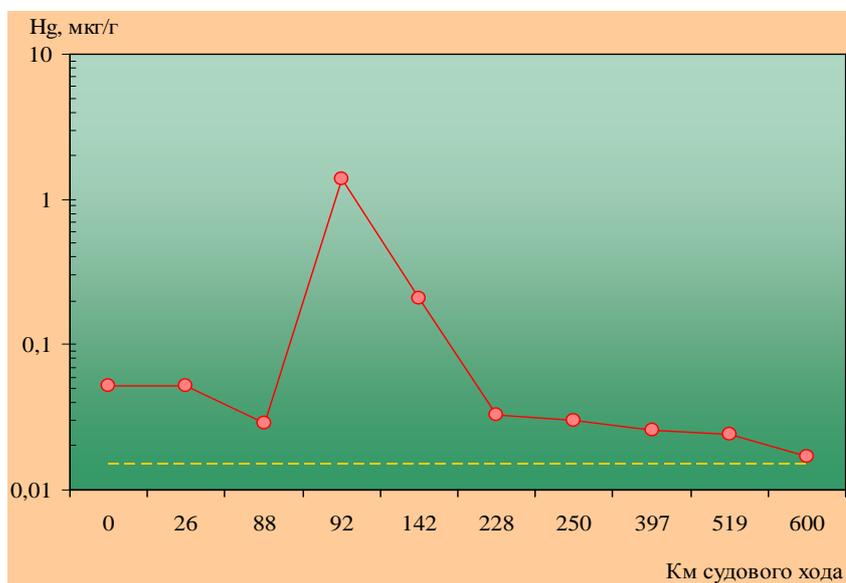


Рис. 44. Изменение концентраций ртути в рдесте гребенчатом по судовому ходу (с.х.) вниз по течению от г. Иркутска до г. Братска. 92 км судового хода – район выпусков сточных вод «Усольехимпром». Пунктирная линия – фоновый уровень.

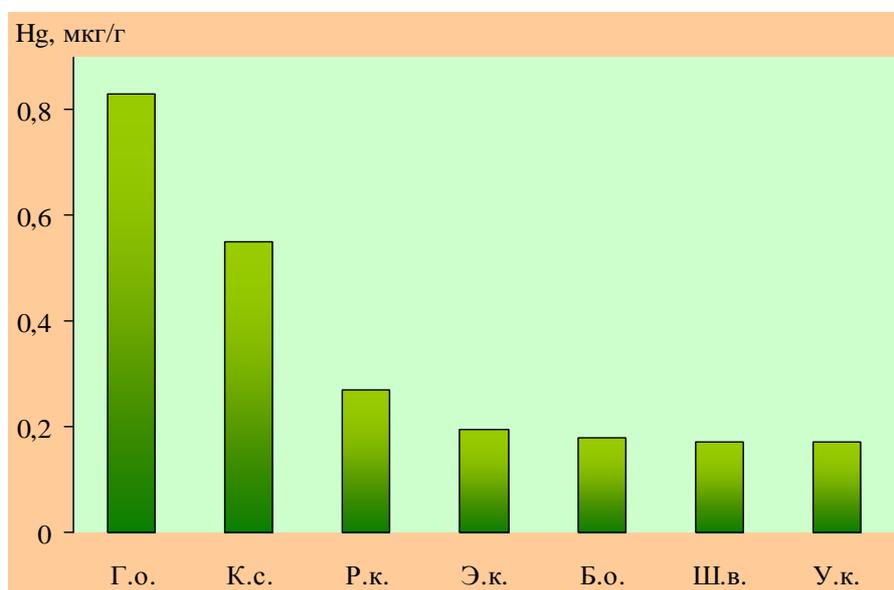


Рис. 45. Содержание ртути в водных растениях различных экобиоморфологических групп (45 км ниже выпусков «Усольехимпром»).

Г.о. – гидрогипнум охристый, К.с. – кладофора скученная, Р.к. – рдест курчавый, Э.к. – элодея канадская, Б.о. – болотник обоепольный, Ш.в. – шелковник волосистый, У.к. – уруть колосистая.

- **Исследование донных отложений Братского водохранилища.**

Проведены исследования основного природно-техногенного седиментационного

барьера Братского водохранилища, расположенного в районе о. Конный. В результате послойного анализа донных отложений в районе выделенного барьера получены данные по распространению ряда микроэлементов (Рис. 46). Основной закономерностью накопления многих микроэлементов в донных отложениях (также, как и ртути) является явная приуроченность высоких содержаний большинства химических элементов к средней части разреза, что указывает на высокую степень накопления микроэлементов в годы с интенсивной работой химических предприятий.

В период закрытия производств и спада объемов работ промышленных предприятий наблюдается тенденция уменьшения концентраций исследуемых элементов. Однако, химические элементы, закрепленные в донных отложениях на геохимических барьерах водоема, при изменении физико-химических и гидрологических параметров могут вновь поступать в водную среду, образуя участки вторичного загрязнения.

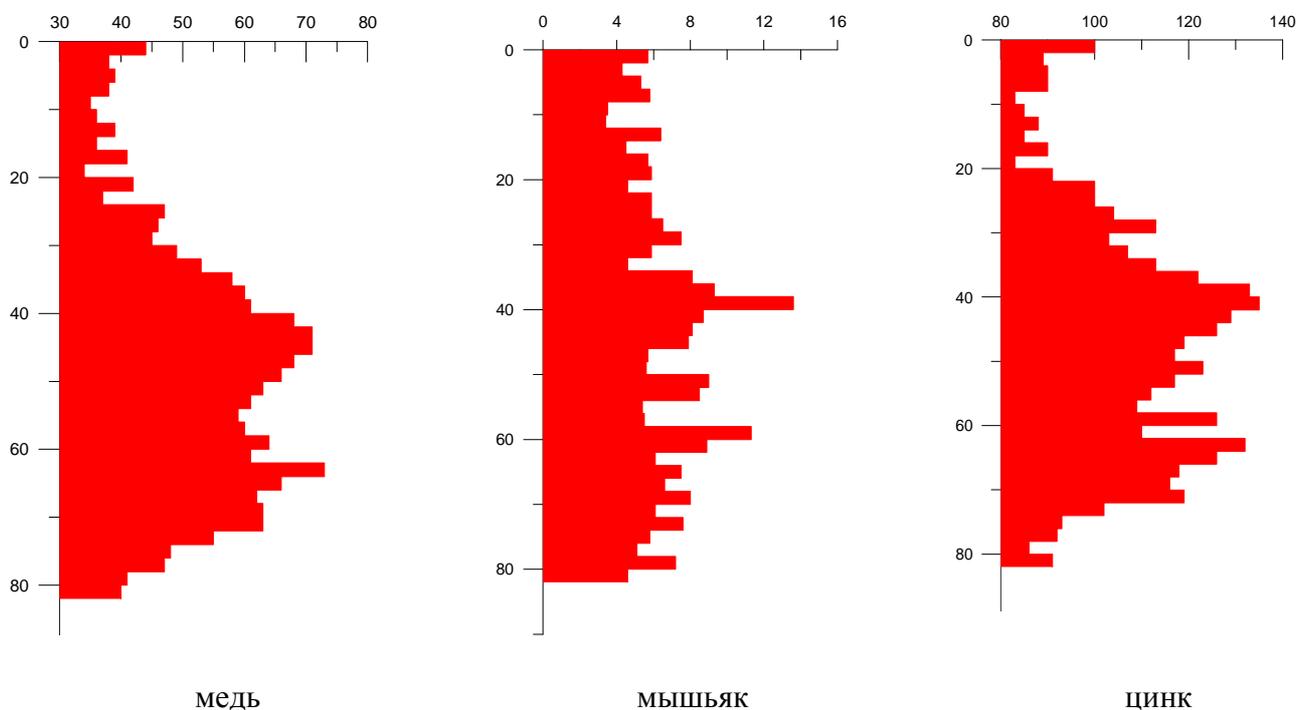


Рис. 46. Распределение меди, мышьяка и цинка (мг/кг) в кернах донных отложений (см) в районе основного седиментационного барьера (о. Конный)

Наибольшие содержания тяжелых металлов в донных отложениях обнаружены в вытяжках гуминовыми кислотами, наименьшие – фульвокислотами. В твердом

остатке в значительной степени аккумулируется стронций и кальций. Связь тяжелых металлов с гуминовыми кислотами подразумевает в какой-то степени закрепленность элементов в донных осадках, а, связываясь с фульвокислотами, металлы обладают большей подвижностью в водной среде. Ртуть и другие тяжелые металлы, связанные гуминовыми кислотами, закреплены в донных отложениях, и их подвижность ограничена.

- **Оценка экологического состояния городов и поселков Прибайкалья по снеговому покрову.**

Для оценки степени техногенного загрязнения на территории Прибайкалья проводилась снегогеохимическая съемка с опробованием промышленных городов (г.г. Иркутск, Шелехов, Усолье-Сибирское, Ангарск, Байкальск, Слюдянка, Черемхово, Зима, Саянск, Свирск), пос. Листвянка, Залари, Кутулик, Бол. Луг, Бол. Голоустное и фонового участка – залив Мандархан (в районе западной части оз. Байкал). Величина запыленности снегового покрова в этих местах изменяется от 0 до 71,2 г/м².

Анализ твердофазных снежных выпадений позволил установить, что уровни накопления металлов-экоотоксикантов в твердой фазе снега в пробах, отобранных в г. Усолье-Сибирском (Hg – 21409 мкг/м², Zn – 13,68 мг/м², Cd – 91,2 мкг/м²), на порядок и более превышают их накопление в твердой фазе снега в остальных городах и поселках, что связано с наибольшей запыленностью этого города и наличием хмпредприятий. Источником поступления металлов в воздушную среду служат как продукты сжигания угля, так и отходы переработки нефтепродуктов и, конечно, разрушенный цех ртутного электролиза.

В других городах также сказывается влияние промышленных предприятий или наличия большого количества автотранспорта на состояние снегового покрова: повышенные содержания Be, F, Al и Cd отмечены в г. Шелехове (производство алюминия), As, Pb, Zn, Cu – в г. Свирске (мышьяковистые отвалы), Cu, Zn, Cd – в г. Иркутске (автотранспорт) и т.д. В поселках основное влияние на загрязнение окружающей среды оказывают ТЭЦ и котельные, использующие местный уголь с

повышенными содержаниями Hg, Zn и других металлов. Повышенные содержания ряда элементов (Cu, Zn, Pb, Be, Cd, Hg) в водной фазе снега (Рис. 47) свидетельствуют о загрязнении воздушного бассейна над промышленными городами и их окрестностями водорастворимыми соединениями металлов.

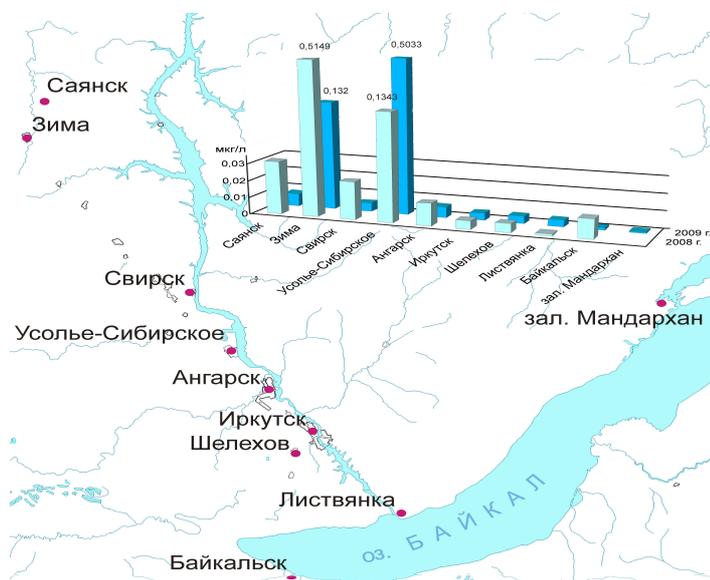


Рис. 47 Содержание ртути (мкг/дм³) в снеговой воде в 2008-2009 гг. на территории Прибайкалья.

Для определения атмосферного переноса ртути в зимний период на акваторию Южного Байкала проведена снегогеохимическая съемка на льду озера (25 объединенных проб со 100 точек). Полученные результаты показали, что уровень накопления ртути в снеговом покрове Южного Байкала соизмерим с таковым незагрязненных территорий Байкальского региона и превышает фоновые значения севера Иркутской области (0,03 мкг/м²).

Большая часть ртути в снеговом покрове Южного Байкала сорбирована на твердых частицах (в среднем 73%), что указывает на их определяющую роль в переносе ртути на акваторию озера. Концентрации ртути в большинстве исследованных проб снеговой воды и водах открытого Байкала близки по своим значениям, что свидетельствует о слабом атмосферном переносе ртути от техногенных источников на акваторию Южного Байкала. Ориентировочное суммарное количество ртути, поступающей со снеговыми осадками, на ледовый покров Южного Байкала составляет 1260 г на площадь 6890 км². По полученным данным составлены геохимические карты распределения ртути в снеговой воде, твердом осадке снега и снеговом покрове (Рис. 48).

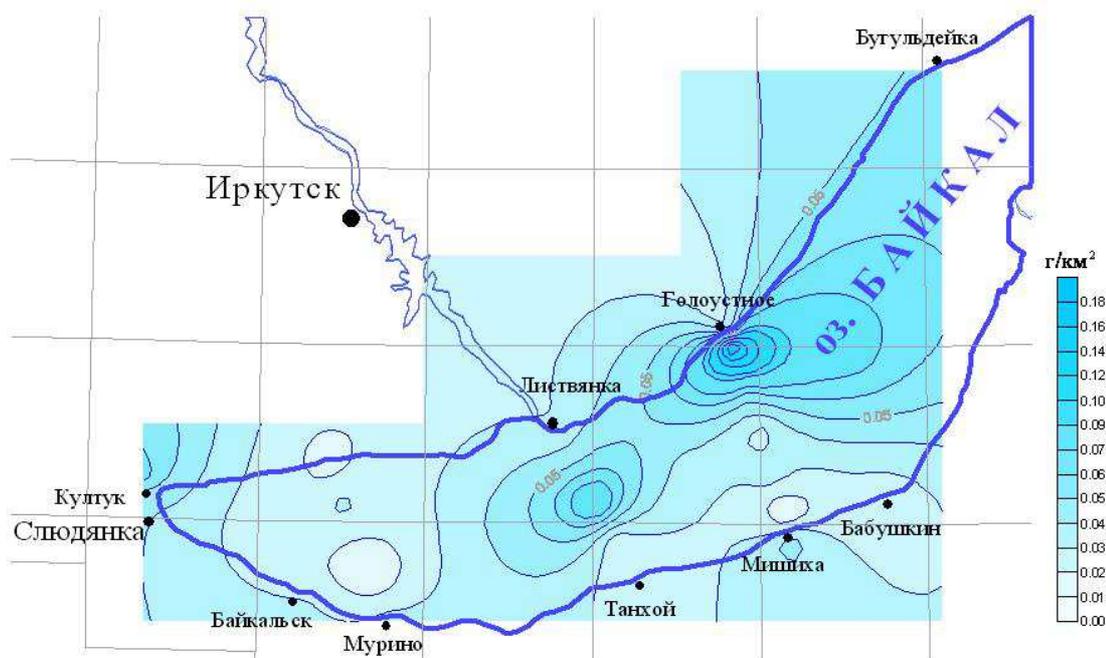


Рис. 48. Распределение концентраций ртути в снеговой воде на акватории Южного Байкала.

Блок 2. Исследование систем малых бассейнов (озер) Байкальского региона как индикаторов процессов эволюции поверхностных вод и экологического состояния территории (отв. исполнители: к.г.-м.н. О.А.Склярова, м.н.с. О.С.Рязанцева, м.н.с. Н.А.Загорулько, вед. инж. С.Е.Чернигова, вед. инж. Л.Д.Андрулайтис).

- **Выявление особенностей концентрирования микроэлементов в системах малых озер с различной геохимической обстановкой и техногенной нагрузкой.**

Проведены комплексные исследования озерных систем Баргузинской впадины (27-ми источников и скважин, а также 24-х озер). Определен макросостав и содержание микроэлементов в природных водах. Выявлены закономерности распространения озер и источников. Выделено три системы озер.

1. Система озер междуречья Гарга – Аргода.

Большинство этих озер оказалось пресными и только в трех из них общее содержание солей превышает 1 г/л, максимально составляя 1,7 г/л. Все озера этой группы являются щелочными, HCO_3^- – Na-Mg или HCO_3^- – Mg-Na состава с вариациями pH от 8,69 до 9,69. Вода озер насыщена кислородом.

2. Усть-Аргодинская система озер.

Эта группа состоит из 4-х озер: Саган-Нур и трех близко расположенных озер

Нухэ-Нур. В настоящее время эти озера разделены перемычкой и характеризуются существенным различием в общем содержании растворенных солей. Три озера характеризуются высокой щелочностью ($pH = 10,02-10,52$) и присутствием иловых отложений с неприятным запахом.

3. Алгинская система озер.

Эта группа озер является единственной в Баргузинской впадине, имеющей сульфатную специфику.

Результаты исследований осадков озера Холбо-Нур в Приольхонье (Рис. 49) показали однородность минеральных ассоциаций и величин Ca/Mg отношений в его верхней части (0-30 см), при скорости накопления на этом отрезке ≈ 0.1 мм/год, что свидетельствует об относительном постоянстве как размеров озера, так и его химического состава на протяжении последних 3000 лет.

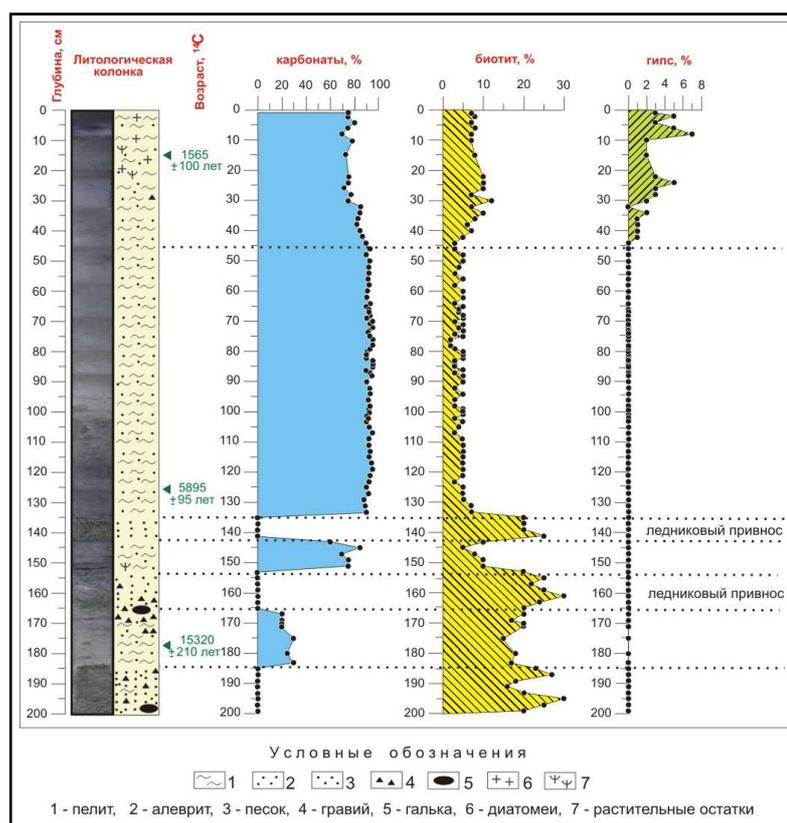


Рис. 49. Распределение карбонатов, биотита и гипса в осадочном разрезе осадков оз. Холбо-Нур. 1 – пелит; 2 – алевроит; 3 – песок; 4 – гравий; 5 – галька; 6 – диатомеи; 7 – растительные остатки.

Появление гипса и его постоянное присутствие в верхней части осадочного разреза (0-30 см), а также увеличение доли биотита на этом отрезке осадков говорит о том, что ~ 3000 лет назад на фоне роста минерализации произошло изменение

химического состава воды озера с существенно карбонатного на карбонатно-сульфатный, таковым состав и остается до настоящего времени.

Озеро Байкал и прилегающая территория до настоящего времени относится к незагрязненным участкам Земли и служит фоновым районом биосферы. Внутриконтинентальное расположение озера, холодный климат, трудно разрушаемые породы, в основном гранитоидного состава (более 70%), слагающие водосборный бассейн озера, а также биохимические процессы, происходящие в самом озере, сделали его хранилищем чистой воды.

Разница между минимальными и максимальными значениями концентраций элементов в чистых поверхностных водах достигает нескольких порядков. На Рис. 50 отчетливо видно, что содержание только четырех элементов в байкальской воде: Li, Mo, U и Sr – по шкале распространенности близки к максимальным значениям для чистых поверхностных вод.

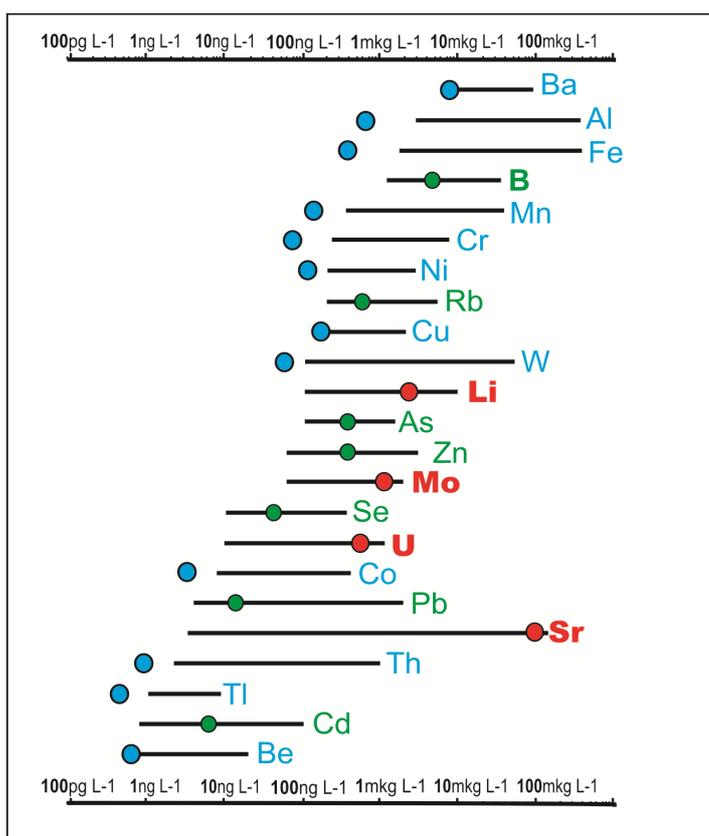


Рис. 50. Графическое представление порядков величин концентраций растворенных микроэлементов в реках Мира (Gaillardet J., Viers J., Dupre B., 2003). Кружками, обозначены содержания элементов в образцах воды Среднего Байкала.

Концентрации Cd, Zn, As, V, Rb и Se близки к средним мировым значениям, а

содержание остальных элементов либо существенно ниже, либо находится на уровне минимальных показателей.

Блок 3. Формы нахождения тяжелых металлов и элементов питания растений в различно трансформированных техногенных и природных почвах Прибайкалья (отв. исполнители: к.г.-м.н. Г.А.Белоголова, к.г.-м.н. О.А.Склярова, к.б.н. Г.В.Матяшенко, к.г.-м.н. Н.А.Китаев, м.н.с. О.Н.Гордеева, м.н.с. Е.В.Бутаков, вед. инж. П.В.Кузнецов, вед. инж. А.Г.Арсентьева).

• **Влияние микробиологических концентратов на миграционные особенности тяжелых металлов и эссенциальных элементов в системе «почва-растение».**

Установлена способность бактериальных биопрепаратов – Азотобактерина, Фосфобактерина и Кремнебактерина, основанных на ризобактериях *Azotobacter* и *Bacillus*, приводить к увеличению подвижности элементов питания растений (К, Р, Са, Mg) и тяжелых металлов (Fe, Ni, Cr, Zn, Cd, Pb, Cu) в системе «почва–растение» в диапазоне невысоких содержаний химических элементов в почве (Рис. 51, 52), что способствует их накоплению преимущественно в наружном коровом слое корнеплодов.

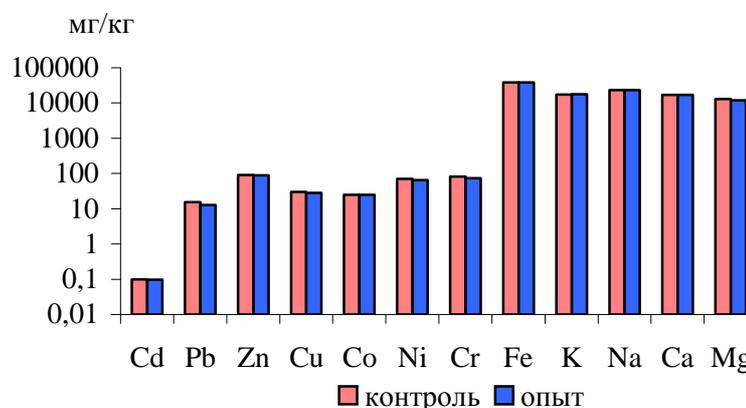


Рис. 51. Валовое содержание элементов в контрольной исходной почве и в почве с добавлением бактериальных препаратов.

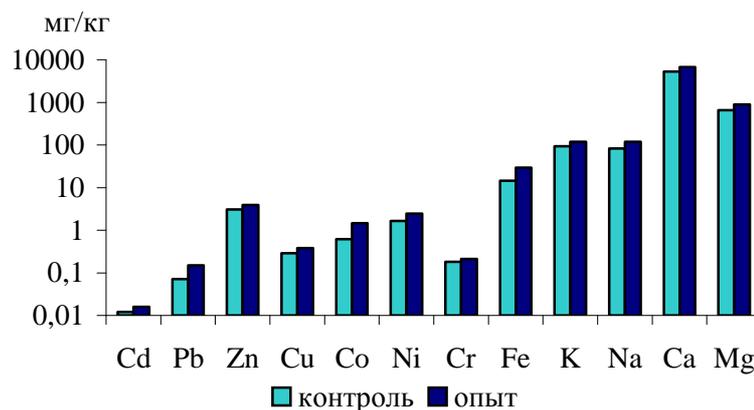
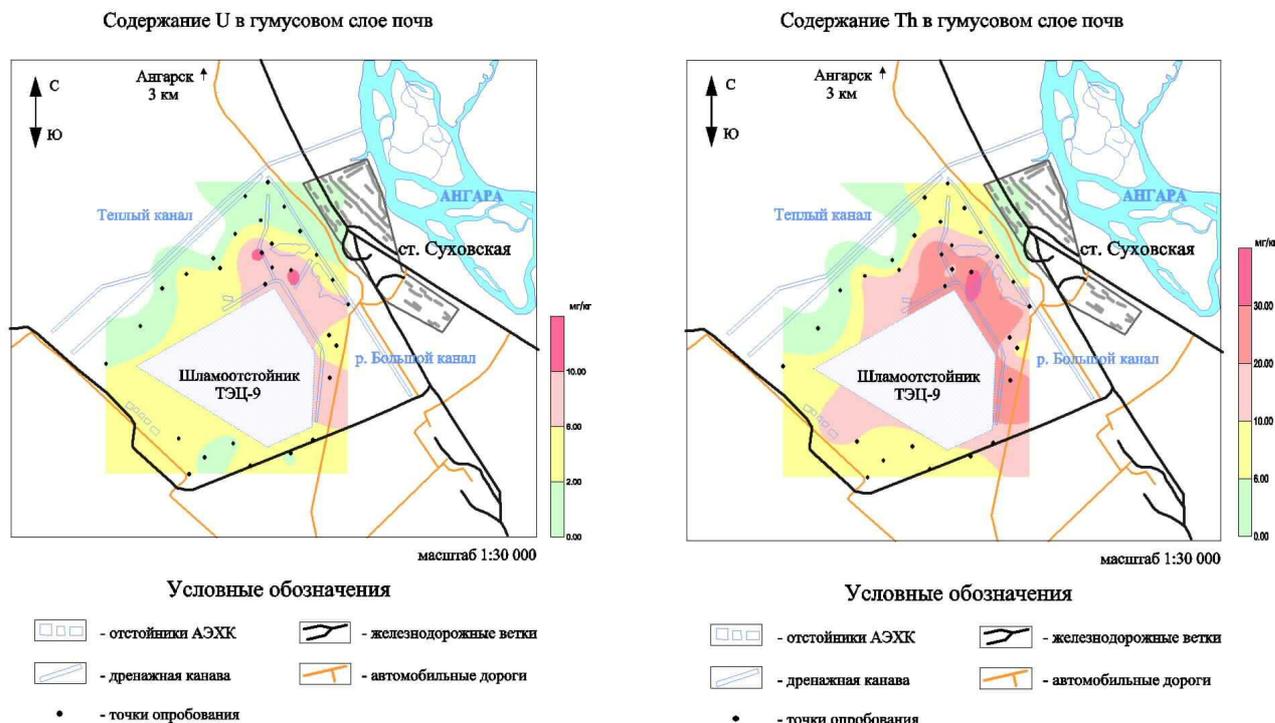


Рис. 52. Содержание химических элементов в подвижной ионно-обменной фракции ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$ вытяжка из почв) в контрольной исходной почве и в почве с добавлением бактериальных препаратов.

• **Площадное распределение урана и тория в почвенном покрове в зоне влияния отстойников ТЭЦ № 9 и Ангарского электрохимического комбината.**

Результаты анализов показали неравномерные содержания элементов в почвах, а также неравномерное распределение этих содержаний по площади изученной территории (Рис. 53А, Б). Содержание урана в почвах варьирует в пределах от < 1 до 10,6 мг/кг, а тория – от 1,8 до 30,8 мг/кг.



А

Б

Рис. 53. Содержания U (А) и Th (Б) в гумусовом слое почв (мг/кг).

Выделено четыре группы почв по содержаниям тория и урана и Th/U-отношению:

1) почвы характеризуются низкими содержаниями тория (1,8 мг/кг) и урана (< 1 мг/кг), величина Th/U > 3 и, вероятно, отвечают естественному природному фону; 2) почвы характеризуются нормальным содержанием тория (6 – 10 мг/кг) и пониженным содержанием урана (1,5 – 2,5 мг/кг), величина Th/U от 3,6 до 6,3 – здесь, вероятно, происходит вынос урана в результате водной миграции и соответственно накопление тория; 3) почвы характеризуются повышенными содержаниями тория (10 – 30 мг/кг) и урана (6 – 10 мг/кг), величина Th/U от 2,8 до 3,5 – высокие содержания тория и урана зависят непосредственно от количества имеющегося шлама в почвах; 4) почвы характеризуются нормальными содержаниями тория (8 – 10 мг/кг) и относительно повышенным содержанием урана (3-5 мг/кг), величина Th/U < 3 (до 1,9) – здесь, очевидно, происходит накопление техногенного урана.

Таким образом, источником радиоактивных элементов (U, Th) в большинстве почв на изученном участке является шлам из отстойников. Содержания радиоактивных элементов в почвах зависят от количества в них шлама. Выделены участки с очевидным накоплением урана относительно тория. Вероятно, его накопление происходит за счёт вымывания из шлама (как более подвижного элемента) и последующего привноса и накопления на рассмотренных участках. Стоки по дренажным канавам непосредственно попадают в р. Ангару и могут ее загрязнять.

- **Комплексное исследование особенностей миграции и распределения As в почвах, травах, овощах и березовом соке в условиях г. Свирска.**

В г. Свирске находился Ангарский металлургический завод, в 1940-е гг. выпускавший белый As. Завод в настоящее время разрушен. Установлено, что в результате многолетнего загрязнения окружающей среды г. Свирска мышьяком произошло повсеместное накопление этого элемента в почвах в количестве, превышающем кларк и допустимые нормы. Главной особенностью миграции As в почвах техногенного ландшафта является увеличение доли его подвижных форм, что привело к накоплению его в овощах, выращенных на дачных участках г. Свирска, и в травах, собранных вблизи мышьяковистых отвалов. Различные виды

растений и овощей существенно отличаются по способности поглощать As (Рис. 54).

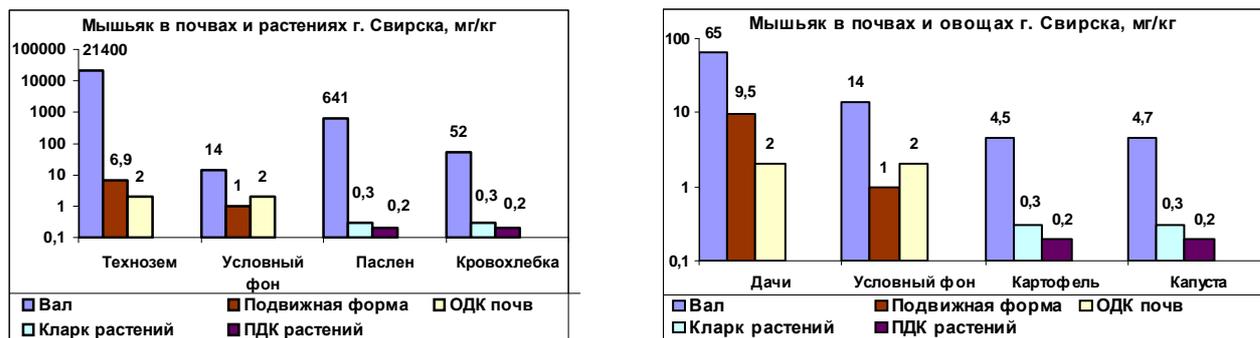


Рис. 54. Содержание As в почвах и травах г. Свирска.

Наибольшие его концентрации установлены в паслене. Перспективно использование этого вида растений для фитоиндикации и ремидации техногенно загрязненных почв. Вблизи промышленных городов существует тенденция накопления As в ксилемных образованиях березы.

- **Исследование влияния экологической нагрузки в промышленных городах Иркутской области на элементный состав волос его жителей.**

Анализ волос жителей городов и поселков Иркутской области показал (Рис. 55, 56), что содержание Al, Mn, Cd и Pb более, чем на порядок превышают установленные физиологические нормативные значения. Такие токсичные элементы, как кадмий и свинец, в высоких концентрациях в волосах жителей городов Свирска и Братска привели к дефициту цинка и обогащению железом, что ведет к общему нарушению баланса микроэлементов.

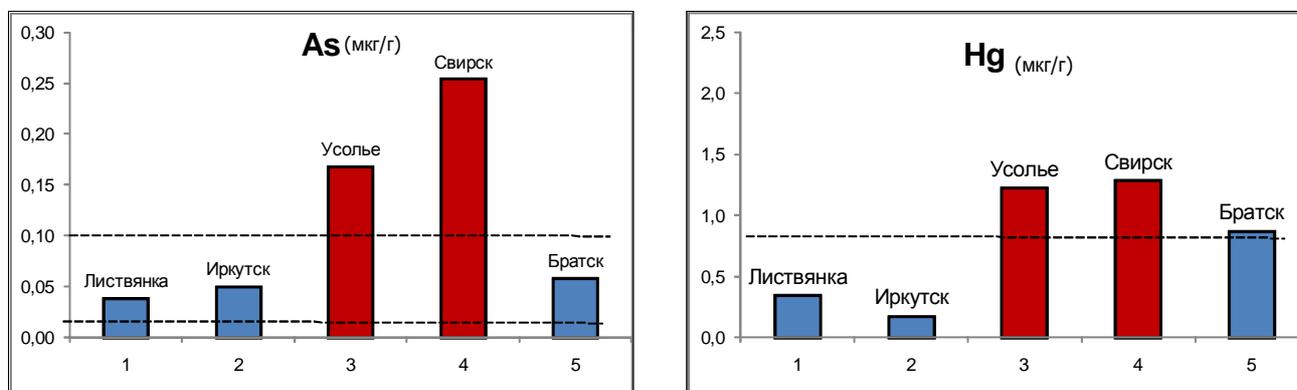


Рис. 55. Концентрации мышьяка и ртути в образцах волос жителей Иркутской области.

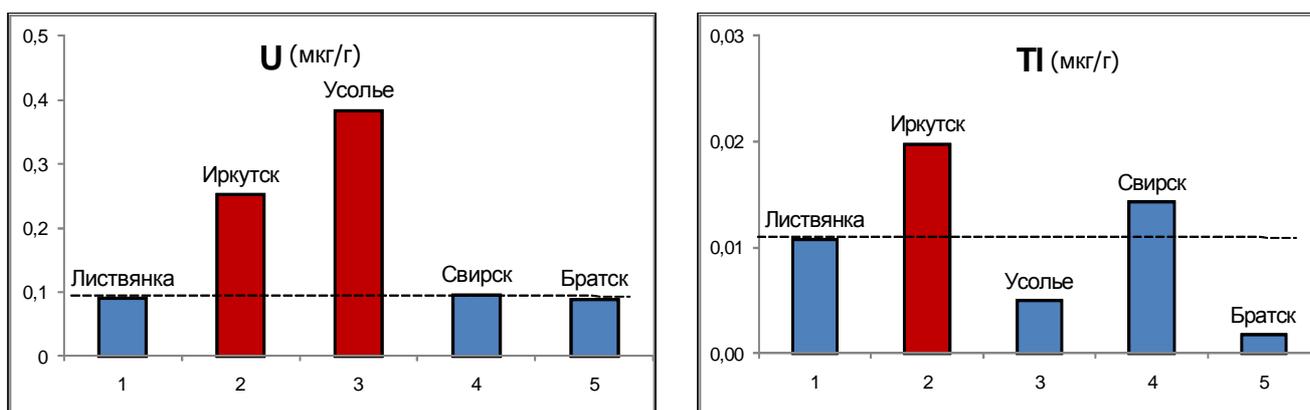


Рис. 56. Концентрации таллия и урана в образцах волос жителей Иркутской области. Красным на рисунке отображены статистически значимые различия в содержании элементов относительно фоновых значений; синим - содержание элементов в пределах фоновых значений.

Повышенные концентрации мышьяка обнаружены не только в образцах волос жителей г. Свирска (40% всех образцов содержат мышьяк более 1 мкг/г), но и практически во всех видах пищевых продуктов в этом регионе. У обследованных жителей городов Свирска и Усолье-Сибирское концентрации ртути в волосах в 77,7% случаев выше функционального уровня (1 мкг/г), в 4% превышают 5 мкг/г, максимальное значение в одном из образцов волос (42,5 мкг/г) выше нейротоксического предела для этого элемента.

Оценка значимости загрязнения среды по составу образцов волос жителей Иркутской области показала интегральное влияние промышленных комплексов и отходов производства, в том числе неидентифицированных загрязнителей (например, Tl) на нарушение баланса микроэлементов у жителей Иркутской области.

Блок 4. Изучение значения атмосферного транспорта в биогеохимическом круговороте комплекса макро- и микрокомпонентов органического вещества (ОВ) в природных и техногенных ландшафтах Сибири (отв. исполнители: к.х.н. Е.Н.Тарасова, к.м.н. Е.А.Мамонтова).

- В 2010 году обобщены полученные ранее данные и проведены дополнительные исследования распределения стойких органических загрязнителей (СОЗ) в атмосферном воздухе природных и техногенных ландшафтов Сибири (на примере Иркутской области). Исследования проводились с использованием метода пассивного пробоотбора в основных промышленных городах и поселках в сельской местности на территории Иркутской области (Mamontova et al., 2010). Установлено,

что содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ), дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов, гексахлорциклогексана (ГХЦГ) и хлорданов в атмосферном воздухе Иркутской области варьируют в значительных пределах и находятся в пределах значений, найденных в результате GAPS-исследования (глобальный проект исследования атмосферного воздуха методом пассивного пробоотбора (Pozo et al., 2006)). Повышенные концентрации ПХБ обнаружены в городах, где есть предприятия, использующие хлор в технологических процессах (Усолье-Сибирское, Братск, а также в пос. Хужир (о. Ольхон, оз. Байкал), что связано с несколькими факторами (использование хлорорганических пестицидов на этих территориях в прошлом, испарение с поверхности воды и др.).

Концентрации СОЗ в атмосферном воздухе, полученные в настоящем исследовании, были ниже, чем уровни, найденные в конце 1980х (Сурнина и др., 1991) и сравнимы со значениями в начале 1990х в тех же районах (Iwata et al., 1995; McConnel et al., 1996).

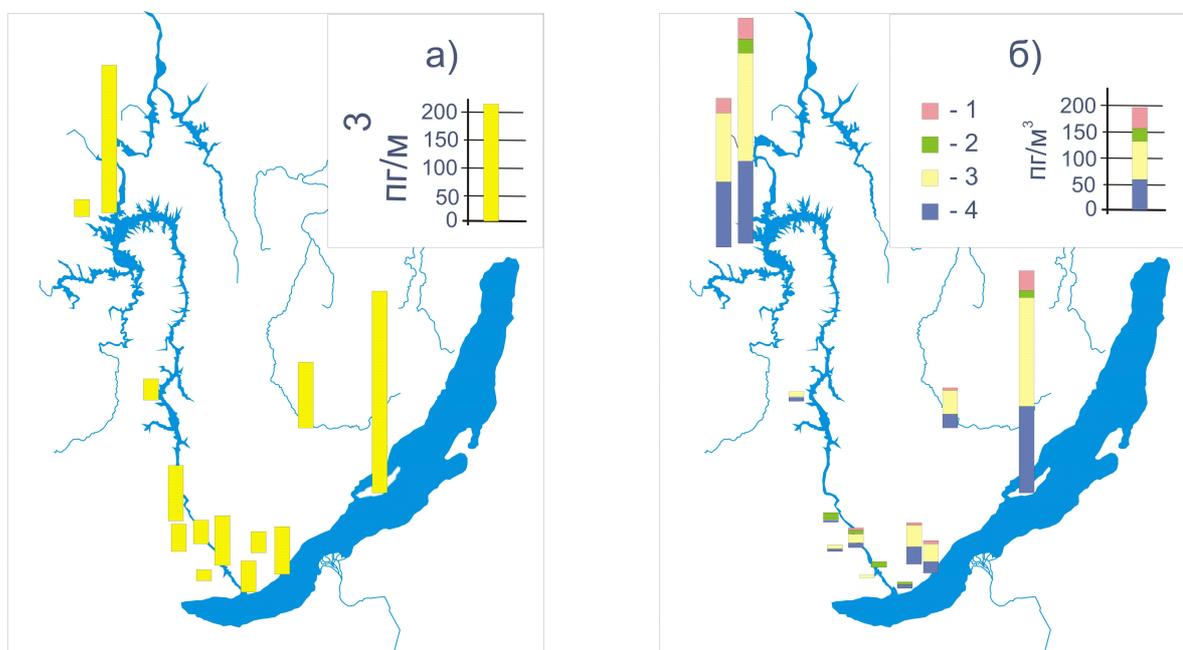


Рис. 57. Пространственное распределение α -ГХЦГ (а) и хлорданов (б) (1 – транс-нонахлор, 2 – цис-нонахлор, 3 – транс-хлордан, 4 – цис-хлордан) в атмосферном воздухе Иркутской области.