

2.001-244

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ДЖЕНБАЕВ БЕКМАМАТ МУРЗАКМАТОВИЧ

УДК 550.7:574.2:911.5/7(043.3)(575.2)

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ ОРГАНИЗМОВ
В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ
КЫРГЫЗСТАНА**

03. 00. 08 - зоология

03. 00. 16 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

БИШКЕК - 2000

Работа выполнена в лаборатории экологии и биогеохимии Биолого-почвенного института Кыргызской Республики и лаборатории биогеохимии окружающей среды института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН

Научные консультанты:

- доктор биологических наук, профессор **А.М. Мурсалиев**
- доктор биологических наук, профессор **В.В. Ермаков**

Официальные оппоненты:

- член-корреспондент НАН КР, доктор биологических наук, профессор **М.М. Токобаев**
- доктор биологических наук, профессор **Р. А. Мирзадинов**
- доктор географических наук, профессор **А.А. Эргешов**

Ведущая организация:

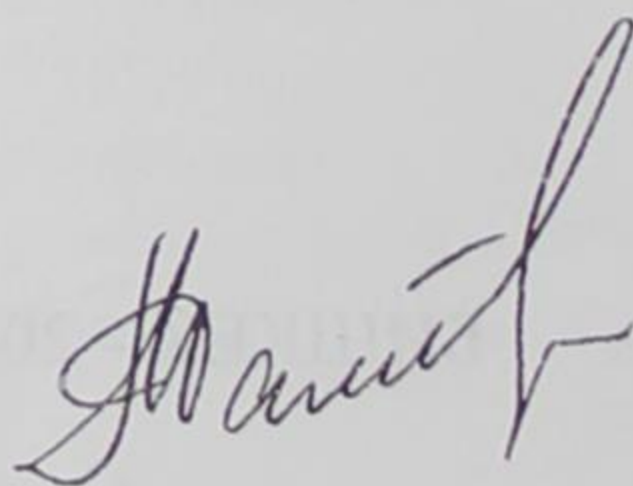
- Казахский государственный университет им. аль-Фараби

Защита состоится 25 января 2001 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 03. 00. 107 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата биологических наук при Биолого-почвенном институте Национальной Академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г.Бишкек, проспект Чуй, 265.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национальной Академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан «25» декабря 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с/х наук



Д. А. Мамытова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В конце XX в. в связи с увеличивающимся техногенезом биосферы, сопровождающимся широким применением минеральных удобрений, накоплением в среде отходов горнодобывающей промышленности, бытовых отходов и т. д., возникают техногенные биогеохимические провинции с избытком и новыми ассоциациями химических элементов. Резкий дефицит или избыток в среде биологически активных элементов приводит к заболеваниям животных, растений и человека. Такие болезни А. П. Виноградов (1938) называл биогеохимическими эндемиями, а районы их распространения - биогеохимическими провинциями. На территории Кыргызстана и странах СНГ изучены биогеохимические провинции с дефицитом и избытком I, F, Cu, V, Ca, Sr, Se, Hg и других химических элементов (Виноградов, 1957; Ковальский, 1974, 1985; Ковальский, Ермаков, 1974, 1993; 1998; Риш, 1979; Безель, 1987; Авцын, Жаворонков, Риш, 1991; Мурсалиев, Ниязова, 1992; Дженбаев, Ермаков, Мурсалиев, 1995 и др.). Учение о биогеохимических провинциях находит практическую реализацию в медицине и сельском хозяйстве (профилактика эндемических заболеваний, синтез лекарств, производство микроудобрений).

Геохимическая экология организмов как новое научное направление биогеохимии и экологии возникла в результате многолетних исследований биогеохимических провинций и биологической роли микроэлементов В.В.Ковальским, его учениками и последователями (Ковальский, 1974, 1982; Ковальский, Ермаков, 1991). Геохимическая экология изучает закономерности взаимодействия отдельных организмов и их сообществ с природно-техногенной средой через формирование и осуществление миграционных потоков атомов химических элементов в биосфере и трансформацию солнечной энергии (Ермаков, 1993; Ковальский, 1974). Одной из центральных проблем геохимической экологии является концепция гомеостаза и адаптация, которые отражают состояние относительного постоянства, приспособление внутренних и внешних сред организмов. Концепция гомеостаза положена в основу системной организованности биогеохимических циклов. Организмы, участвуя в биогеохимических циклах, поддерживают динамический гомеостаз среды обитания (регуляции уровней O_2 и CO_2 в атмосфере, трансформация энергии, блокирование токсичных элементов). Реакции организмов на резкое изменение концентраций и соотношений элементов в среде, кормах и рационах связаны с приспособительными свойствами организмов и их способностью к регулированию функций в условиях определенных пределов изменчивости геохимической среды.

Социально-экономическая трансформация переходного периода в республике изменила приоритетность задач по охране окружающей среды от загрязнения. Если раньше приоритетными источниками ее загрязнения были промышленные предприятия, то сейчас ведущими стали горнодобывающая промышленность, выхлопные газы автотранспорта, выбросы крупных ТЭЦ, малых котельных и печей индивидуального сектора, которые из-за дефицита природного газа используют твердое топливо местного происхождения с низкой калорийностью и высокой зольностью.

В этом отношении работы по геохимической экологии организмов в природно-техногенных условиях очень важны и в практическом отношении, так как связаны с эколого-биогеохимической оценкой состояния природных комплексов и профилактикой микроэлементов в растениях, животных и человека.

Список сокращений и латинских наименований. ГП - глутатионпероксидаза (КФ 1.11.1.9), K_6 - коэффициент биологического поглощения, МЭ - микроэлементы, МТ - металлотioneин, МДУ - максимально допустимый уровень, m_a - массоперенос элементов, Нв - гемоглобин, ПДК - предельно допустимая концентрация, $СК_{50}$ - средняя концентрация вещества, вызывающая смертность 50-ти % организмов, ТМ - тяжелые металлы, ЖКТ - желудочно-кишечный тракт, r - коэффициент корреляции, Стрекоза-коромысло - *Aechna grandis* L., Жук-плавунец - *Dytiscus magrinalis*, Зеленая жаба - *Bufo viridis* L., Озерная лягушка - *Rana ridibunda* P., Разноцветная ящурка - *Eremias arguta darevski* Tsarus, 1986, Водяной уж - *Natrix tessellata* L., Прудовик обыкновенный - *Lymnea stagnalia*, Пустынный прус - *Calliptamus barbarus* C., Кыргызская пустынная - *Sphinganotus kirgisisicus* L., Пятнистый скачок - *Platycleis intermedia*.

Цель и задачи исследования: Учитывая недостаток знаний о взаимодействии наземных организмов с геохимической средой, о месте и роли этих организмов в биогеохимических процессах, была сформулирована цель исследований - изучить особенности геохимической экологии организмов (животные, растения и частично биосфера человека) в природно-техногенных ландшафтах Кыргызстана.

Ставились следующие задачи:

- оценить связи между уровнями химических элементов (селен, ртуть, фтор и др.) в биогеохимических пищевых цепях;
- выявить биогеохимические и морфофизиологические особенности организмов Кыргызстана в экстремальных геохимических условиях;
- изучить биологические реакции организмов в природно-техногенных, преимущественно горных, ландшафтах Кыргызстана;
- дать эколого-биогеохимическую и зоогеографическую оценки основных полиметаллических и угольных районов республики;
- составить картосхему интегрированной эколого-биогеохимической оценки основных таксонов биосферы Кыргызстана по исследованным химическим элементам и проявлению биологических реакций организмов.

Выбор химических элементов селена, ртути, фтора и др. был обусловлен их высокой биологической активностью. Ртуть относится к потенциально токсичным металлам, при превышении ПДК которых в кормах у животных и человека развиваются токсикозы. Селен играет важную антиоксидантную роль в биосфере. Это незаменимый микроэлемент. Недостаток его или избыток в пищевых цепях оказывает вредное влияние на организмы. Фтор и другие элементы, относящиеся к МЭ, имеют нижний и верхний критические пределы концентраций. Содержание большинства химических элементов в продуктах питания нормируется.

Научная новизна. В результате проведенных исследований впервые в Кыргызстане получены новые данные о распространении химических элементов (се-

лен, ртуть, фтор и др.) в биогеохимических пищевых цепях различных природно-техногенных регионов и субрегионов биосферы Кыргызстана, включая Южно-Ферганскую ртутно-сурьмяную биогеохимическую провинцию, ряд угольных и редкоземельных месторождений, городские и пригородные зоны, а также торфяные месторождения и контрольные территории (в почвах, растениях, наземных животных организмах и частично в биосредах человека). В районе средне-чуйских торфяников впервые установлена природная зона накопления селена (селеновая биогеохимическая провинция), обусловленная аккумулятивными барьерами при содержании селена до 10-20 мг/кг. Высокий уровень ртути и селена в среде и организмах обнаружен в ртутной (Хайдаркен) и сурьмяно-ртутной (Кадамжай) провинции. Впервые изучено содержания селена в ряде угольных регионов, обогащенных ураном (Мин-Куш, Каджи-Сай и Кок-Жангак), городских и пригородных зонах (г. Бишкек, г. Ош и др.), а также установлено высокое содержание селена в грунтовых и артезианских водах Кок-Жангакского угольного месторождения (до 18 мкг/л).

Впервые приведены биогеохимические параметры наземных организмов (насекомых, амфибий, рептилий и частично млекопитающих) и дан анализ характера накопления химических элементов в организмах с учетом пищевых цепей и природно-техногенных факторов.

В экстремальных геохимических условиях у большинства наземно-водных (пойкилотермных) организмов, несмотря на то, что они устойчивы к высоким содержаниям ряда химических элементов, в органах и тканях изменяется содержание химических элементов. Показано, что избыток ртути в среде усиливает состояние гипоксии у животных (амфибий и рептилий), обусловленное увеличением числа эритроцитов и уровня гемоглобина, а у млекопитающих (овец), наоборот, уровень гемоглобина уменьшается. Выявлено, что высокая степень аккумуляции ртути в печени животных сопровождается активированием синтеза металлотioneина в печени и снижением активности глутатионпероксидазы. Личиночные стадии развития амфибий и водных насекомых отличаются наименьшим накоплением метилртути по сравнению с взрослыми животными, что связано с особенностями их питания. Составлены картосхемы природно-техногенного ландшафта.

Практическая значимость работы. Осуществлена биогеохимическая оценка (мониторинг) содержания селена в почвенно-растительном покрове, а также наземных организмах и показана их определенная роль в установлении уровня статуса селена у жителей Кыргызстана. Выявлены наиболее значимые регионы селенового дефицита (юго-восточнее Прииссыккулье, некоторые участки Чуйской долины) и оптимальные территории (Ферганская долина).

Материалы исследований (фактические данные и выводы) по изучению распределения ртути, селена, фтора и других элементов в биогеохимических пищевых цепях могут быть использованы санитарно-эпидемиологической службой Минздрава КР, учреждениями Минохраны природы КР, Минсельхоза и другими ведомствами Кыргызстана для целей нормирования содержания этих элементов. Они представляют ценность при эколого-биогеохимическом райониро-

вании республики, а также биогеохимической оценке территорий с различной степенью экологической напряженности. Интенсивность миграции и содержание селена в почвенно-растительном комплексе имеют важное значение при выявлении биогеохимических эндемий, вызванных дефицитом этого биоэлемента в продуктах питания и кормах.

Особую практическую ценность имеют выявление видов и органов-индикаторов, накапливающие максимальные концентрации того или иного химического элемента. Впервые определенные биогеохимические параметры (K_b , m_a , активность ГП и содержание МТ) наземных организмов, обитающих в природных и природно-техногенных территориях, имеют справочный характер, а экотоксикологическая оценка (увеличение эритроцитов и уровня гемоглобина у пойкилотермных животных) популяций этих животных важна в общебиологическом и медицинском аспектах.

Отдельные положения диссертационной работы были внедрены в учебный процесс при проведении лекционных и лабораторных занятий по курсам «Биогеохимия, геохимия и охрана окружающей среды» в вузах республики.

Основные защищаемые положения:

- данные по содержанию селена, ртути, фтора и других химических элементов в наземных организмах и компонентах среды (почва, вода, растения, тканях животных) в природно-техногенных территориях Кыргызстана;
- особенности аккумуляции микроэлементов организмами и биогеохимических пищевых цепей в природно-техногенных условиях;
- комплекс биогеохимических, физиолого-биохимических параметров, отражающих геохимическую экологию наземных организмов (K_b , m_a , активность ГП, содержание МТ, соотношение ртути и метилртути, гематологические показатели);
- эколого-биогеохимический статус селена на территории Кыргызстана;
- результаты наблюдений по распространению пойкилотермных животных на территории Кыргызстана.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на семинаре по «Антропогенной геохимии» в ИПиФ РАН (Пушино, ноябрь 1992 г.), на первом рабочем совещ. по «Биогеохимии ртути, селена и фтора» в ГЕОХИ РАН (Москва, декабрь 1992 г.), на Всеросс. совещ. «Экология популяций: структура и динамика» в ИПЭиЭ РАН (Москва, ноябрь 1994 г.), на межд. симпозиуме по «Тяжелым металлам в окружающей среде» (Пушино, 1996), на Республ. конф. «Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия» (Бишкек, 1996), на межд. конф. «Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке» (Бишкек, 1996), на национальном семинаре по «Борьбе с опустыниванием земель в Кыргызстане» (Бишкек, 1997), на межд. симпозиуме «Итоги и перспективы развития современной медицины в контексте XXI века» (Бишкек, 1998), на Республ. науч. конф. «Устойчивость, антропогенная трансформация и оптимизация природной среды Казахстана» (Алматы, 1998), на межд. конф. «Благородные и редкоземельные металлы» (Москва, 1997), на межд. конф. «Криогенности почв: экология, генезис и классификация» (Сыктывкар, 1997), на ежегод. конф.

по «Химии и технологии воды» (Киев, 1997), на науч. конф. «Экологическая обеспеченность биологического разнообразия в Республике Таджикистан и сопредельных территориях» (Душанбе, 1998), на 2-я Российская школа «Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы» (Москва, 1999), на Межд. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (Семипалатинск, 2000 г.), на 3-й Российской школе «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы» (Горно-Алтайск, 2000), на симпозиумах «Trace elements in man and animalis - ТЕМА-8» (Dresden, 1993), V-thinternational Sumposium «Plant life in South-West and Central Asia» (Tashkent, 1998), 1st Speciation Conf., c/o Ms Ulla Schroedel, GSF-Forschungszentrum, Congress Servic (Munxen, 1998), «Energy de Ambiente» (Karpi, 1998) и представлены на ряде республиканских конференций по проблемам окружающей среды и биоразнообразия.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 46 печатных работ, из них 2 монографии. **Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методической части, 5 глав результатов исследований и их обсуждений, заключения, выводов, списка цитируемой литературы. **Работа включает** 41 таблиц и 19 рисунков. Библиографический указатель состоит из 362 источников, из них 65 иностранных. Общий объем 267 с.

1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В данной главе рассмотрены аспекты становления геохимической экологии как фундаментальной естественнонаучной дисциплины, развивающейся на стыке экологии, биогеохимии и геохимии. Дана краткая характеристика биогенной миграции химических элементов и концентрационной функции организмов в биосфере. Более подробно рассмотрены вопросы содержания микроэлементов в природно-техногенных объектах биосферы (почва, вода, растения, животные организмы и человек). Представленный обзор является обобщением отечественных и зарубежных исследователей по проблемам биологической роли МЭ, микроэлементного состава организмов, загрязнения естественных и техногенных биогеоценозов токсическими элементами, а также особенностям их миграции в биосфере.

2. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В эколого-биогеохимических исследованиях выявлены особенности поведения микроэлементов (Se, Hg, F и др.) в природных и природно-техногенных условиях на территории Кыргызстана в течение 1988-1992 гг. и 1993-1999 гг. Было исследовано 721 почвенных образцов; 1765 пробах укос (средняя проба) растений и отдельные виды; 683 пробах вод (речных, временных и технических); 1320 пробах животных (насекомые, амфибий, рептилий, млекопитающие), а также биосреды человека в 73 пробах.

Отбор образцов почв, природных вод, растений и животных проводили способом площадок по определенным маршрутам с учетом ландшафтно-геохи-

мических и метеорологических условий. Полевые работы осуществляли по методике, разработанной в лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН и Биолого-почвенном институте НАН КР с использованием почвенных и геологических карт при консультации геологов и почвоведов Кыргызстана. Используются также другие методические рекомендации, касающиеся полевого изучения ландшафта, особенностей наземных организмов (насекомых, амфибий и рептилий) и биогеоценоза в целом (Ковальский, 1974; Токтосунов, 1984; Покаржевский, 1985; Безель, 1987; Лопатин, 1988; Мамытов, 1996).

При подготовке пробы на стадии экстракции использовали апробированные методы, а в ряде случаев незначительные модификации. Концентрации селена определяли спектрофлуориметрическим и флуориметрическим методами (Ермаков, 1985); общей ртути - по ГОСТУ 28612-90, прибором «Юлия-2» в сочетании с иономером И-135 и самопишущим потенциометром; фтор - экспресс-количественным ионо-селективным методом (Ермаков и рд., 1990) с использованием иономера типа ЭВ-74, рН-121 или подобного ему. Остальные элементы определяли посредством пламенной и беспламенной атомной абсорбции. Уровень Нв, число эритроцитов, активность ГП крови и печени измеряли унифицированными способами. Концентрации метилртути в тканях, органах и воде - методом газожидкостной хроматографии.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Биогеохимические регионы и субрегионы биосферы (природно-техногенные)

Биогеохимическое районирование континентов как функциональное подразделение биосферы является следствием отражения ее биогеохимической гетерогенности, организованности и развития (Ермаков, 1993). Проблема биогеохимической гетерогенности биосферы, ее функционирования и эволюции всегда была и является одной из центральных научных проблем естествознания.

Экологические аспекты биогеохимии нашли полное отражение в концепции биогеохимического районирования (концепция биогеохимических провинций и геохимическая экология). Биогеохимическое районирования объединяет понятия «геохимических провинций» (Ферсман, 1931), «почвенных зон» (Докучаев, 1899, 1900) и «провинций» (Прасолов, 1939), «биогеохимических провинций» (Виноградов, 1938), «геохимии ландшафтов» (Полынова, 1946), «климатических зон» (Берг, 1958), а также медицинскую и ветеринарную географию биогеохимических эндемий. На основании биогеохимического районирования биосферы могут быть решены теоретические и прикладные задачи охраны природы и коррекции биогенных циклов химических элементов, что позволяет более эффективно использовать микроэлементы в сельском хозяйстве, а также в фитопатологии, ветеринарии и медицине.

Придавая большое значение биогеохимическим исследованиям в Кыргызстане, нами на основании собственных данных и имеющихся в литературе

сведений проведено частичное биогеохимическое районирование территории республики (см. раздел 5.6).

3.2. Ртутно-сурьмяные субрегионы биосферы Южного Кыргызстана

Уровни микроэлементов (Hg, Se, F, Sb, As) в биогеохимических пищевых цепях Южно-Ферганского природно-техногенного субрегиона биосферы (Хайдаркен, Кадамжай) заметно высоки в среде и организмах. Это обусловлено техническими причинами и связано с термической переработкой рудного материала, складированием отвалов, содержащих ртуть, сурьму, селен, фтор и другие биологически активные микроэлементы. На техногенный характер поступления селена в среду указывает положительная корреляция между селеном и ртутью в организмах ($r = +0,89$). В других районах такой зависимости не существует, несмотря на легкое химическое взаимодействие селена и ртути и положительное влияние повышенных концентраций селена в кормах при ртутных токсикозах. При этом в 1990 – 1999 гг. по сравнению с 1980-1982 гг. заметно возросло поступление ртути, селена и сурьмы в окружающую среду всего субрегиона и аккумуляция их организмами. С одной стороны, это связано с увеличением добычи металлов в 1980-1990 гг., а с другой - с нарушением технологических режимов, особенно после 1990 г. (рис. 1).

Существенной особенностью ртутного субрегиона биосферы является высокая резистентность пойкилотермных животных к ртути и другим химическим элементам (сурьма, мышьяк, селен, фтор), а также постепенное увеличение селена в среде и организмах, обусловленное техногенезом.

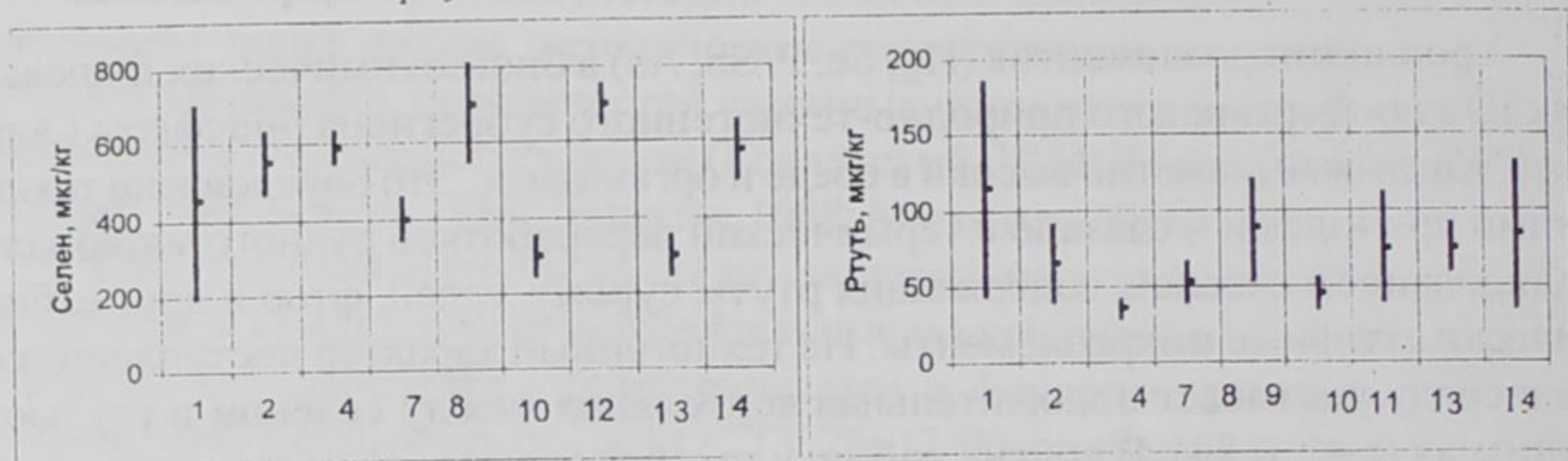
3.3. Экосистемы в пределах ассоциаций редкоземельных элементов Северного Кыргызстана

Территория Кыргызстана относится к перспективной редкометальной Тянь-Шаньской металлогенической провинции. Металлогеническая специализация Республики способствовала образованию многочисленных мелких аккумуляций и нескольких крупных месторождений редких и редкоземельных элементов, что обусловило формирование соответствующих геохимических аномалий. Вследствие неэффективной добычи и нерациональной переработки полезных ископаемых, на территории республики заскладированы в отвалах и отходах переработки минерального сырья большое количество элементов потенциально опасных химических элементов и их соединений.

Так, в Ак-Тюзском свинцово-цинково-полиметаллическом субрегионе рН и Eh воды в основных ручьях были близкими в отстойнике и ручье из отстойника, рН немного больше а Eh наоборот, - меньше. Минерализация воды из отстойника в 5 раз, а из ручья в 2 раза выше минерализации воды из скважин и горного ручья выше рудника. Концентрации Ca, F, Sr и Se в районе отстойника и фабрики по переработке руд увеличиваются постепенно. Ca и Sr по-видимому, в отстойнике не задерживаются, но в низовье реки у моста концентрация их уменьшается. Возможно, это связано с сильным разбавлением воды. В растительно-почвенном покрове этого техногенного субрегиона статус селена находится в пределах

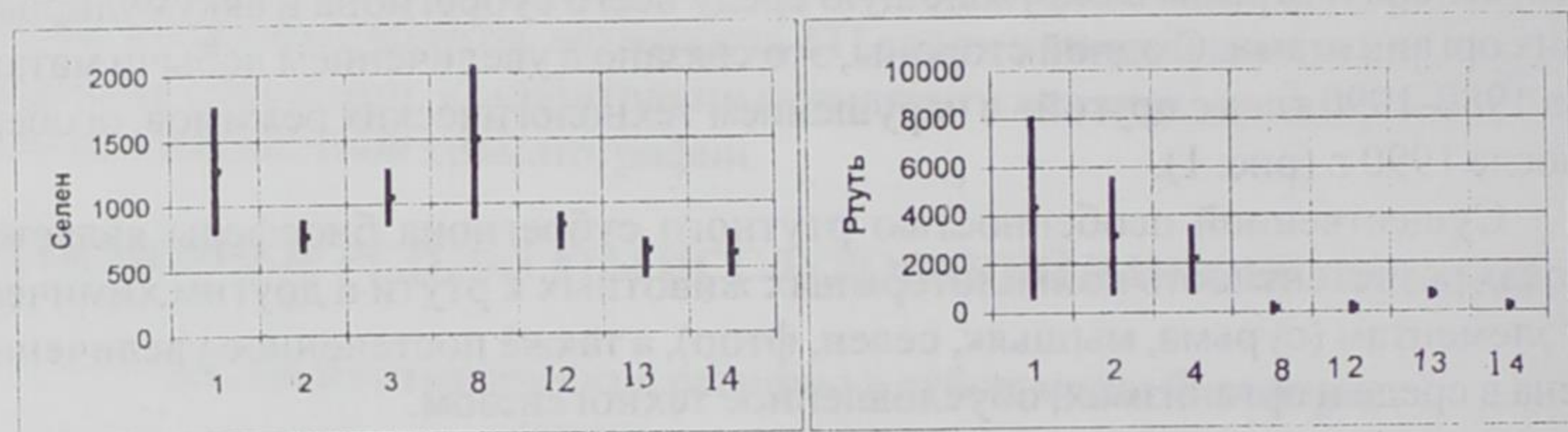
1. УЧ-КОРГОН (условный фоновый участок)

$$\text{(Вода, } C3 = \frac{\text{селен} - 0,25 \text{ мкг / л}}{\text{ртуть} - 0,28 \text{ мкг / л}} \text{)}$$



2. КАДАМЖАЙ (сурьмяно-ртутная провинция)

$$\text{(Вода, } C3 = \frac{\text{селен} : 2,5 - 21,2 \text{ мкг / л}}{\text{ртуть} : 0,24 - 0,40 \text{ мкг / л}} \text{)}$$



3. ХАЙДАРКЕН (сурьмяно-ртутная провинция)

$$\text{(Вода, } C3 = \frac{\text{селен} : 0,42 - 34,2 \text{ мкг / л}}{\text{ртуть} : 0,4 - 22,5 \text{ мкг / л}} \text{)}$$

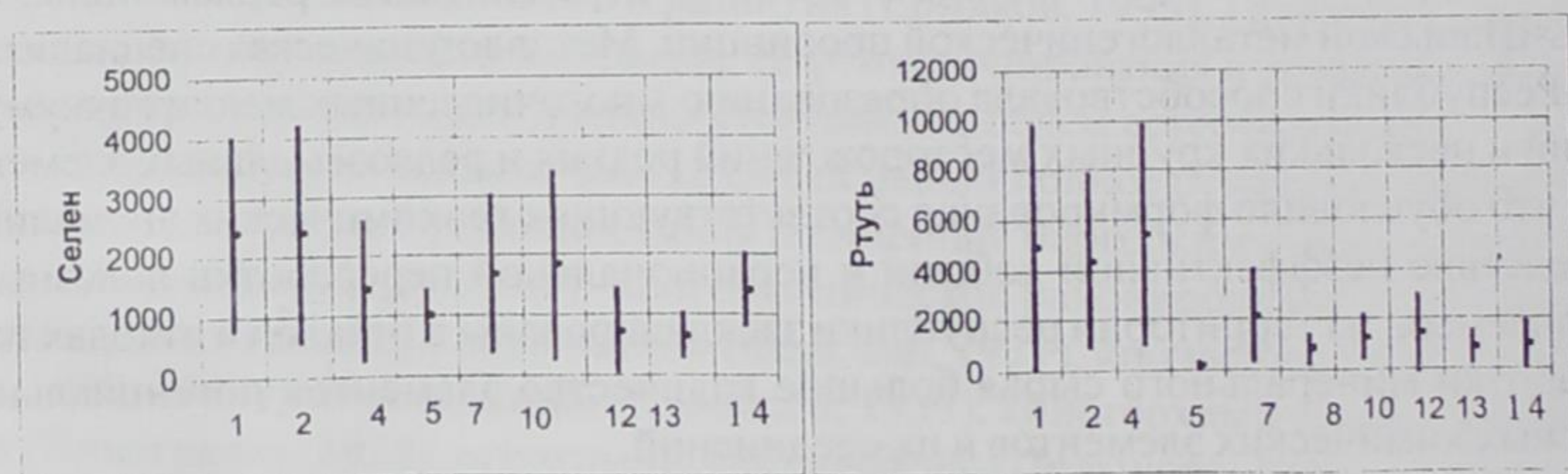


Рис. 1. Ртуть и селен в биогеохимических пищевых цепях ртутно-сурьмяных биогеохимических провинций Кыргызстана: 1 – почва, 2 – растения (укос), 3 – вода, 4 – ил, 5 – личинки стрекозы, 6 – личинки комаров, 7 – личинки озерной лягушки, 8 – личинки зеленой жабы, 9 – прудовик, 10 – озерная лягушка, 11 – уж, 12 – зеленая жаба, 13 – пустынный прус, 14 – разноцветная ящурка

нормы (кроме отстойника). Концентрация фтора в растениях достигает 7,5 мг/кг. Максимально возможный массоперенос селена растениями - 1,20 г/га и фтора - 44,8 г/га и характерен для низовья реки.

Сары-Джазский олово-вольфрамово-полиметаллический субрегион в пределах распространения углистых сланцев докембрийских пород в бассейне р. Сары-Джаз также обогащен селеном. Концентрации селена в сланцах достигают 10-30 мг/кг (рис. 2).

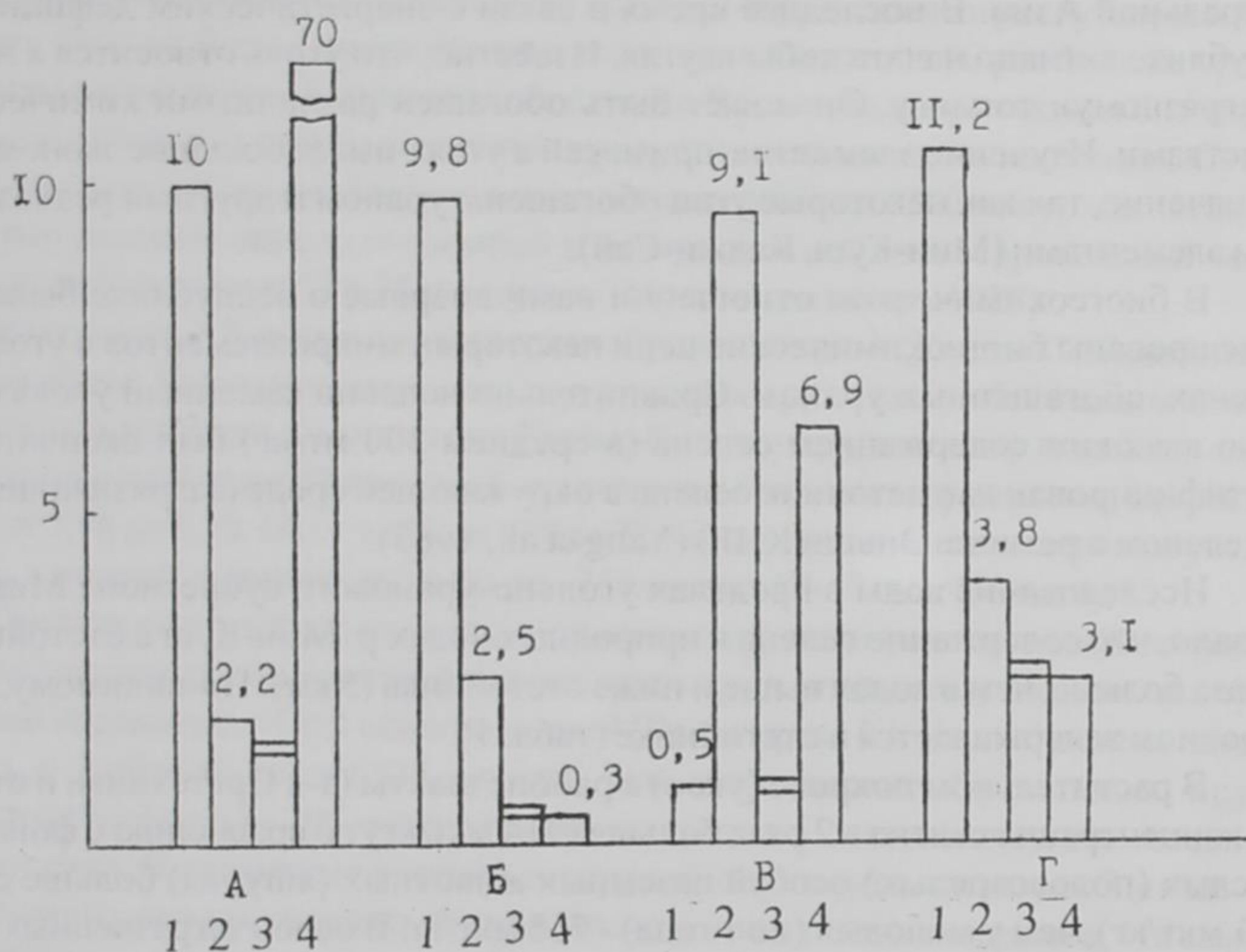


Рис. 2. Средние концентрации (в мг/кг сухого вещества) селена в укосах растений при различном его содержании в органических почвах и почвообразующих породах. А – с. Колжат, Южный Казахстан: 1 – бурый уголь, 2 – светлый серозем на углистых отложениях, 3 – подвижные формы элемента, 4 – укосы ландшафтных растений и трав; Б – горный массив докембрийских пород Сары-Джаз: 1 – углистые сланцы, 2 – горнокоричневые почвы, 3 – подвижные формы элемента, 4 – укосы растений; В – Средне-Чуйские селеновые аномалии: 1 – серые глины, 2 – среднечуйские низинные торфяники, 3 – подвижные формы элемента, 4 – укосы растений; Г – каменный уголь (Кок-Жангак): 1 – углистые почвообразующие породы, 2 – горнокоричневые почвы, 3 – подвижные формы элемента, 4 – укосы растений (разнотравье).

В биогеохимических исследованиях особое внимание было обращено на малые ручьи, впадающие в Сары-Джаз, постоянно имеющие контакт с углистыми сланцами и лидитами. Анализ показал, что малые ручьи имеют Eh от +223 до +237 мВ и рН от 7,17 до 8,29. Уровень содержания селена составлял в горном ручье Муз-Булаке (- 3,4 мкг/л) и Эчклуу-Таше (- 2,4 мкг/л). В почвенном покрове

(0-20 см) аккумулируется до 2,5 мг/кг селена. В растительном покрове (укосы) содержание его приближается к фону (до 0,32 мг/кг), а на некоторых участках даже ниже. Сравнительно высокая концентрация селена была в организме мальков рыб (до 4 мг/кг) и почках овец (1,2 мг/кг), выпасающихся в бассейне р. Сары-Джаз.

3.4. Экосистемы в пределах угольных месторождений, обогащенных ураном

Кыргызстан является одной из богатейших стран по угольным запасам в Центральной Азии. В последнее время в связи с энергетическим дефицитом в республике активно начата добыча угля. Известно, что уголь относится к наиболее «грязному» топливу. Он может быть обогащен различными химическими веществами. Изучение элементов-примесей в углях имеет большое экономическое значение, так как некоторые угли обогащены ураном и другими редкоземельными элементами (Мин-Куш, Каджи-Сай).

В биогеохимическом отношении нами впервые в республике была проанализирована биогеохимические цепи некоторых микроэлементов в угольных регионах, обогащенных ураном. Сравнительно недавно каменный уголь с необычно высоким содержанием селена (в среднем 300 мг/кг) был окончательно идентифицирован как источник селена в окружающей среде (загрязняющий почву селеном в регионе Эньши КНР) (Yang et al., 1983).

Исследование воды в пределах угольно-уранового субрегиона Мин-Куш показало, что содержание селена в природных водах р. Мин-Куш в отстойнике в 2-4 раза больше, чем в водах выше и ниже отстойника (5 км). По-видимому, селен в основном задерживается в отстойнике (табл. 1).

В растительном покрове (укос) в районе шахты (з-д Оргтехника и отстойник) концентрация селена в 2 раза больше (914 мкг/кг) по сравнению с фоном, а у взрослых (половозрелых) особей наземных животных (ящурка) больше селена (1221 мкг/кг), чем у молодых (до 1 года) - 765 мкг/кг. В особо загрязненных зонах ящурка не встречается. В районе отвала горных пород повышен уровень радиации в 10 раз (150-250 мкР/ч). До 50-60% внутренних органов сельскохозяйственных животных поражено язвенными болезнями.

Иссык-Кульская котловина является урановой биогеохимической провин-

Таблица 1

Среднее содержание селена и ртути в воде некоторых угольных месторождений (мкг/л)

Место отбора	Селен	Ртуть
Кок-Жангак	1,41 – 25,0	0,50 ± 0,10
Мин-Куш	0,21 – 1,9	0,19 ± 0,03
Кара-Кече	0,76 - 1,23	0,14 ± 0,05
Жергалан	0,15 - 0,32	0,09 ± 0,01

цией. Геохимические условия котловины - выходы гранитов с содержанием U - $3,9 \times 10^{-4} \%$, наличие углисто-кремнистых сланцев обогащенных ураном ($1,07 \times 10^3 \%$), определяют повышенное содержание урана в почвах котловины и в оз. Иссык-Куль (Ковальский и др., 1968).

Концентрация урана в почвах Иссык-Кульской котловины по сравнению с черноземами России в среднем в 4 раза больше от $4,1 \times 10^{-4}$ до $5,8 \times 10^{-4}$. В растениях содержание урана составляет - $3,88 \times 10^{-5}$ (укос); в сеяные кормовых травах - $9,5 \times 10^{-5} \%$. Это значительно больше по сравнению с другими территориями республики и черноземами России. В среднем растения котловины содержат в 50 раз больше урана, чем черноземные почвы Курского заповедника. В животных организмах благодаря сложности в пищевых цепях уран концентрируется меньше, чем в растениях. Суточный рацион животных (овец) котловины включает от 400 до 1300 мкг урана, тогда как в суточном рационе овец черноземной и нечерноземной зоны европейской части России - соответственно 50 и 25 мкг урана (Воротницкая и др., 1978).

В середине XX в. на южной стороне Прииссыккуля (Каджи-Сай) добывали урановые руды. Как отмечено выше, ряд урановых руд также обогащен селеном, концентрация которого в экосистеме Каджи-Сайского рудника изучалась с учетом биогеохимической цепи. Почвенный покров рассмотрен по горизонтам, где рН колебался от 7,98 до 8,30; Eh от +194 до +204 мВ. Концентрация селена немного увеличивалось в нижних горизонтах (до 20 см - 713 мкг/кг; 19-40 см - 964 мкг/кг).

Среднее содержание селена в полынно-солянково-разнотравной ассоциации (укос) находится на уровне фона (на некоторых угольных участках ниже). В организме насекомых - Осы обыкновенной (*Papa vispula Kirgisisicus*) селена накапливалось в 2 раза больше (525 мкг/кг), чем в организмах Пустынного пруса (*Colliptamus barbarus*) - 290 мкг/кг сухого вещества. По-видимому, это связано с типом питания. В организме ящурки содержание элемента достигает 2 мг/кг.

Общий уровень селена в данном техногенном регионе невысок. На самой шахте (№8) и отвалах он больше фона. По-видимому, это связано с рудными породами, что подтверждается анализом почвенного профиля.

Кок-Жангакские угли - гумусовые, каменные, длиннопламенные. Основные показатели (средние данные): зола - 12,5-15,8%, сера - 0,18-1,4%, фосфор - следы. Анализ воды из горных ручьев показал, что их рН колебался от 6,92 до 7,14 и Eh в пределах +223 - +236 мВ. Концентрация селена по сравнению с изученными угольными месторождениями в 10 раз больше, особенно в грунтовых и артезианских водах (карьер № 40). В почвенно-растительном покрове статус селена и ртути находится на уровне нормы соответственно - от 148 до 653 мкг/кг и - 6 - 13 мкг/кг сухого вещества. Высокая аккумуляция селена в почвах (2,5 мг/кг) при использовании грунтовых и артезианских вод для полива способствует накоплению его в сельскохозяйственных растениях (томат - 3,6; картофель - 3,4; капуста - 3,2; яблоки - 2,8 мг/кг).

В животных организмах максимальные концентрации селена обнаружены во взрослых (половозрелых) особях зеленой жабы (1232 мкг/кг), далее - в личинках (головастики) - 756 мкг/кг. Самые низкие концентрации селена установлены в оплодотворенной икре (245 мкг/кг). В тканях ящурок концентрация селена была умеренной - 875 мкг/кг.

Таким образом, Кок-Жангакский угольный район характеризуется повышенным содержанием селена в грунтовых (артезианских) водах, что способствует обогащению селеном других компонентов биогеохимического цикла (почвенный покров, сельхозпродукты).

3.5. Городские и пригородные экосистемы: г.Бишкек, г.Ош, г.Джалал-Абад и г.Кок-Жангак

Одна из основных проблем городской среды - массивные поступления в среду микроэлементов (ТМ) и их соединений с развитием промышленности и транспорта. Для оценки эколого-биогеохимического состояния больших и малых городов (г.Бишкек, Ош, Джалал-Абад и Кок-Жангак) и их окрестностей выбраны участки с различными антропогенными нагрузками (табл. 2). Максимально высокий - K_c (коэффициент концентрации селена по сравнению с фоновым содержанием) обнаружен в г. Бишкек по Hg в центральной части - 52, в районе с. Н. Аларча - 36 и с. Пригородный - 31; по Zn - 4-5; по Cu - 4,1; по Ni - 2,2; по Se - 1,2.

В укосах растений городского ландшафта металлы и селен аккумулировались основном в центральной и нижней частях Бишкек (Zn - 512 мг/кг; Cu - 108 мг/кг; Ni - 10 мг/кг; Hg - 0,20 мг/кг; Se - 1,2 мг/кг сухого вещества). В р. Аларча содержание селена составляло 0,50 мкг/л, ртути - 0,15 мкг/кг (с. Чон-Арык); во временных водоемах в районе стекольного завода соответственно до 6 мкг/л (селен) и - 0,21 мкг/л (ртуть). В организме животных ртуть максимально аккумулировалась рыбами (сем. Карповые) из Бишкекского рыбхоза (0,23 мг/кг). В теле зеле-

Таблица 2

Селен и ртуть в биогеохимических пищевых цепях городских ландшафтах (мкг/кг)

Объекты БГХ и трофических цепей	Место отбора образцов			
	г. Бишкек	г. Ош	г. Джалал-Абад	г. Кок-Жангак
Почва (0 – 20 см)	1004 ± 231	1108 ± 121	1012 ± 109	770 ± 68
	520 ± 94	210 ± 28	18 ± 5,0	14 ± 3,0
Растения (укос)	950 ± 124	984 ± 72	997 ± 79	612 ± 54
	190 ± 26	112 ± 10	14 ± 3,0	12 ± 3,0
Вода, мкг/л	0,57 ± 0,06	3,2 ± 0,4	3,5 ± 0,10	1,41 – 18,0
	0,15 ± 0,02	0,92 ± 0,07	0,81 ± 0,01	0,52 ± 0,04
Зеленая жаба	1720 ± 395	2018 ± 181	3142 ± 247	1232 ± 85
	510 ± 107	39 ± 4,2	35 ± 4,0	28 ± 4,0
Озерная лягушка	980 ± 215	1018 ± 213	814 ± 71	894 ± 71
	180 ± 41,4	58 ± 12,2	14 ± 3,0	32 ± 5,1
Пустынный прусь	320 ± 44,8	924 ± 84	814 ± 148	248 ± 20
	9 ± 2,4	31 ± 3,5	14 ± 3,3	15 ± 4,2

ной жабы из центральной части города содержалось 0,51 мг/кг ртути. В личинках комаров из района стекольного завода присутствовало ртути 0,151 мг/кг. Уровень селена – в зеленой жабе - 1,72 мг/кг и рыбе - 1,32 мг/кг.

По результатам исследований наиболее загрязненными участками столицы являются центральная и северо-западная часть, а более благополучными – южный и юго-восточный районы.

Уровень селена (1108 мкг/кг) и ртути (213 мкг/кг) в почвенном покрове (0-20 см) в г. Ош в северо-восточной части немного выше, чем на западной окраине (соответственно 924 и 24 мкг/кг). Концентрация селена в воде из р. Ак-Бура в районе центрального рынка составляет 3,1 мкг/л и ртути 0,92 мкг/л. В растительном покрове накопление селена и ртути умеренное. Уровень гемоглобина в городских популяциях данатинской жабы (*D. danatines*) составляет (13 г/л). Это выше, чем в пригородных популяциях (10,0 г/л). Максимальная концентрация Fe, Zn в кожном покрове составляет соответственно 81 и 950 мг/кг; содержание Hg и Se в печени и почках было в 5 раз выше, чем в других биосредах амфибий.

Можно предположить, что загрязнению городской среды и пригородных зон Fe и Zn способствуют в основном атмосферные выбросы, а Hg и Se мигрируют из коренных пород. Известно также, что в долине проходит сурьмяно-ртутный пояс, где одним из основных элементов-примесей является селен.

Концентрация ртути в Джалал-Абаде и Кок-Жангаке ближе к норме, но тем не менее ее уровень в почвах центральной части городов в 2 раза выше

Содержание селена в лечебной грязи курорта Джалал-Абад в 3 раза выше (2939 мкг/кг), чем в верхнем слое почвы (912 мкг/кг), в лечебной воде из скважины оно также достаточно высокое, до 4,5 мкг/л. Из обитателей водоема (где берут грязь для курорта) в организме лягушат (до 1 года) селена было довольно много (2002 мкг/кг). Максимальные концентрации селена обнаружены в 5 км от г. Джалал-Абада (с.Орто-Азия) в табаке (посевном) - 3,5 мг/кг и организме зеленой жабы - 3,9 мг/кг.

Таким образом, в некоторых объектах биогеоценозов г. Джалал-Абада и Кок-Жангака установлено достаточно высокое накопление селена. По нашим данным, это связано миграцией селена из горных пород (угли - 11,2 мг/кг) и с подземными водами (атрезианскими).

3.6. Экосистемы бассейна р. Чу: торфяники Камышановки и Нижне-Чуйска

Оценивая в целом распределение Se, Hg и F в биогеохимических пищевых цепях, бассейн р. Чу можно отнести к фоновым территориям. Здесь не наблюдается ярко выраженных аккумулятивных биогеохимических аномалий относительно ртути и фтора. Концентрации ртути в почвах (0-20 см), растениях (укося) и водах, а также в организме насекомых, амфибий и рептилий, за исключением некоторых участков Чуйской долины близки к концентрациям других территорий Европы и Азии. Это обусловлено низкими концентрациями ртути в породах и отсутствием ее месторождений. Превышение фона ртути на некоторых участках, по-видимому, связано с влиянием сточных вод г. Бишкека.

Слабое аккумулятивное прослеживание ртути прослеживается только в средней части р. Чу (водохранилище Тас-Кайнак), что можно отнести за счет испарительного барьера, так как концентрирование химических элементов в воде характерно не только для ртути, но и фтора, кальция, стронция и селена. Уровень последнего в этой части бассейна повышен в почвах, растениях и организме земноводных в 2-4 раза по сравнению с другими участками. Однако такой локальный всплеск аккумуляции селена связан не только с испарительным концентрированием, так как далее, в песках пустыни Муйюнкум содержание фтора, сульфатов, кальция в воде нарастает, а селена, напротив, падает. По-видимому, в механизме концентрирования селена существенную роль играет и органическое вещество осадков. На это и было обращено внимание при обследовании средне-чуйских торфяников.

Каких-либо специфических особенностей распространения животных (насекомых, амфибий и рептилий), в бассейне р. Чу, кроме уже известных, не отмечено. Так, максимальное распространение озерная лягушка имеет в верховье р. Чу (1610-1700 м над ур.) – 142-175 особей/га. Разноцветная ящурка более часто встречалась также в среднегорье (472-564 особи/га, средняя биомасса – 1850 г/га). Наибольшая численность зеленой жабы установлена в высокогорье (2700 м) – 40-52 особи/га со средней биомассой 932 г/га. Кроме того, имеют особое значение такие геохимические факторы как степень аридности, засоление почв, величина общей минерализации вод. Обнаружены также межпопуляционные изменения массы и длины тела организмов от высоты их обитания.

В результате более детального обследования выявлена зона аккумуляции селена в торфяниках Камышановки и Нижне-Чуйска (Дженбаев и др., 1995). Концентрации селена в нижних горизонтах торфяных почв с более тонкой структурой достигают 10-20 мг/кг. При анализе форм селена способом фракционирования по методике Геологической службы США (Chao, Sansalone, 1989) обнаружено, что содержание инертных (недоступных растениям) форм элемента возрастает с глубиной почвенного разреза.

3.7. Экосистемы Прииссыккуля и другие фоновые территории

В соответствии с существующими наблюдениями данными юго-западное побережье оз. Иссык-Куль было выбрано нами как условно контрольный участок. Этот район более естествен, не нарушен человеком. Большая его часть заболочена, что создает благоприятные условия для влаголюбивых организмов (насекомые и амфибии). В пределах заболоченного участка Прииссыккуля селена намного больше, чем в аридных зонах. Это еще раз подтверждает, что в торфяниках и заболоченных местностях происходит аккумулятивное селена. Проведенные биогеохимические исследования Se, Hg, F в предгорных и прибрежных ландшафтах Прииссыккуля показали, что они в целом являются условно-контрольными участками по уровню содержания указанных микроэлементов, за некоторым исключением. При этом основные контрольные и условно-фоновые участки подбирались в отдельных регионах республики в зависимости от расстояния от источника загрязнения (табл. 3).

Se, Hg и F в экосистемы Прииссыккуля и другие фоновые территории
(1 - селен (мкг/кг), 2 - ртуть (мкг/кг), 3 - фтор (мг/кг) сухого вещества)

Место отбора образцов	Объекты биогеохимической и трофической цепи							
	Почва	Вода	Растения (укос)	З. жаба <i>B. viridis</i>	О. лягушка <i>R. ridibunda</i>	П. прус <i>S. barbarus</i>	Раз.я-щурка <i>E. arguta</i>	
ю.-з. Прииссык-куль (услов. контроль)	1	822	0,92	242	1539	918	287	1271
	2	2,9	0,25	8	47	42	64	43
	3	3,691	0,1	89	32	512	23	46
с. Чон-Арык	1	890	0,57	450	950	980	223	-
	2	2,14	0,15	60	510	180	9	-
	3	3	-	-	-	-	-	-
с. Ак-Муз	1	553	1,1	624	831	-	812	291
	2	2,64	0,50	76	98	-	85	112
	3	3	-	-	-	-	-	-
с. Сары-Булак	1	580	0,61	680	731	672	314	93
	2	2,59	0,38	36	16	14	9	14
	3	3	-	-	-	-	-	-
с. Уч-Коргон (услов. контроль)	1	723	0,25	614	312	664	284	534
	2	2,95	0,86	72	42	75	79	86
	3	3	-	-	-	-	-	-

4. РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМОВ В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

4.1. Морфофизиологические индикаторы

Морфофизиологические индикаторы (Щварц, 1956) действительно нашли широкое применение как в странах СНГ, так и в за рубежом. Сущность метода заключается в том, что на основании изменчивости отдельных морфологических и физиологических признаков создается суждение о биологическом своеобразии обследуемых популяций. Методы морфофизиологических индикаторов – это экологический метод (тест) и предъявлять к нему чисто физиологические или морфологические требования не совсем обосновано.

Наземные организмы высокогорий Внутреннего Тянь-Шаня так же, как и равнинным и высокогорным организмам других горных стран свойственны некоторые приспособительные эколого-морфологические особенности (Злотин, 1975; Токтосунов, 1984; Дженбаев, 1999). К ним относятся исключительно днев-

ная активность, подвижность, уменьшение размеров тела, меланизм, густое опущение покровов тела, редукция крыльев, наличие одной генерации в году или даже в течение несколько лет.

4.2. Макроморфология организмов

В Кыргызстане как в типично горной стране зоологи неоднократно отмечали изменчивость позвоночных животных (в особенности, герпетофауны) в зависимости от высоты обитания в пределах Тянь-Шаня (Токтосунов, 1982; Бакушев, 1990; Еромченко, 1987; Шукуров, 1995; Дженбаев, 1999). Как правило, Иссык-Кульские (1600-1700 м) популяции озерной лягушки крупнее. Их масса больше по сравнению с Чуйской популяцией (650 м). У зеленой жабы, напротив, с увеличением высоты уменьшаются масса и длина тела. Кроме того, с подъемом в горы частота мелкопятнистой окраски уменьшается, и в высокогорье преобладают крупнопятнистые жабы.

В техногенных субрегионах (Хайдаркен, Кадамжай, Ак-Тюз, Каджи-Сай и др.) лягушки и жабы, обитающие в экстремальных условиях среды, морфологически существенно не отличаются от амфибий контрольных районов. Однако, следует отметить, что лягушки редко встречаются в особо загрязненных зонах близко к источнику загрязнения. Популяции же жабы, несмотря на экологические нагрузки обитают благополучно даже в водоотстойнике комбината по переработке руд.

Наблюдается существенная разница между равнинными (400-600 м) и горными (1600-1700 м) популяциями водяного ужа. Особи из пустынных зон в 1,5-2 раза крупнее горно-долинных. С подъемом в горы размеры особей уменьшаются. У ящурок с переходом из степной предгорной зоны в пустынную, где совершенно иные климатические условия, меняются и характер рисунка, и окраска.

Нами не обнаружено каких-либо особо заметных макроморфологических изменений (за исключением единичных случаев) даже у головастиков, обитающих в загрязненных стоках и отстойниках (Хайдаркен), что свидетельствует об определенной устойчивости герпетофауны к таким токсическим элементам как, ртуть.

В техногенных районах (Хайдаркен, Мин-Куш, Иссык-Кульская котловина) обнаружены морфологические изменения и у некоторых представителей наземных растений, например, гармалы обыкновенной (*Peganum harmala*) и лапчатки серебристой (*Potentilla argentea*). У этих видов растений вместо обычных 5 лепестков было 6-7 и частичное их раздвоение. В районе Хайдаркен и Кадамжай наблюдаются карликовые формы тысячелистника Биберштейна, произрастающего вблизи отвалов, а также ложные бутоны у эфедры.

4.3. Физиолого-биохимические особенности организмов

При длительном проживании животных и человека в условиях высокогорья изменяются физиолого-биохимические параметры организмов, связанные с дыханием, так как при увеличении высоты над уровнем моря у животных и человека возникает состояние гипоксия: значительно повышается уровень гемоглобина (Hb) и количество эритроцитов в крови.

Определение Hb у амфибий (зеленая жаба) Южно-Ферганского субрегиона биосферы показало, что его уровень намного выше (219 г/л), чем у чуйской (102 г/л) и иссык-кульской популяций (136 г/л). Содержание гемоглобина и число красных кровяных телец ($2,32 \times 10^{12}$) у этого вида амфибий в 2 раза больше по сравнению с особями тюлекской популяции, обитающей на высоте 2700 м над ур. м. в биогеоценозах с фоновыми концентрациями ртути и селена в почвенно-растительном покрове.

Эти параметры максимальны также и у других представителей амфибий и рептилий. В ряде селитебных территорий и угольно-урановых районов уровень Hb и число эритроцитов пойкилотермных животных также сравнительно высоки.

4.4. Активность глутатионпероксидазы и уровень металлотioneинов в организме животных

Известно, что уровень глутатионпероксидазы (ГПО, КФ 1.11.1.9) у млекопитающих, растений и бактерий экологически зависит от уровня содержания селена в окружающей среде, кормах и продуктах питания. Нами установлено ингибирование ГПО в организме зеленой жабы (до 70-80 ед/г печени или крови) и овец (до 40-60 ед/г) на территории Южно-Ферганского субрегиона биосферы. Активность этого фермента в печени и крови у чуйской популяции озерной лягушки, обитающей в районе обогащенных селеном торфяников и в пределах фонового участка существенно не отличались (табл. 4). Однако, активность ГПО в печени амфибий из селеновой аномалии изменялась в очень широких пределах, что свидетельствует о дифференциации животных по этому признаку.

Активность фермента в крови амфибий средне-чуйских торфяников была в среднем в 4 раза ниже активности фермента в крови животных контрольного участка. Уровень Hb также был на 50% ниже, однако различия статистически недостоверны. В пределах обогащенных селеном торфяников активность ГПО в 2,9 раза выше у особей нижне-чуйских популяций по сравнению с животными из Камышановки. При этом содержание селена в печени амфибий с двух участков различалось в 1,2 раза, а активность ГПО - на 30-45%, что согласуется с результатами ранее проведенных исследований (Дженбаев, 1993). На одном из контрольных участков (с. Чон-Арык, выше г. Бишкека) активность фермента была в 2,1 раза ниже активности ГПО крови животных из селеновой биогеохимической аномалии. В этом случае прослеживалась определенная положительная связь между уровнем гемоглобина и активностью ГПО крови амфибий.

В работе особое внимание было уделено низкомолекулярным металлопротеидам – металлотioneинам (МТ), которые связывают многие металлы, участвуя в транспорте микроэлементов и их блокировании. В Южно-Ферганском ртутном субрегионе биосферы впервые установлено экологическое значение МТ (Ермаков и др., 1991). Уровень МТ в почках и печени овец в Хайдаркенской гиперртутной биогеохимической провинции оказался в 10 раз выше содержания МТ в органах овец из контрольных районов (табл. 5).

Суммарное содержание МТ в гомогенатах печени у зеленой жабы в пределах фоновых участков (по ртути) изменялось от 49 до 78 мг/кг (58 ± 10 мг/кг), что

Таблица 4

Уровень металлотиионеина (МТ) и общей ртути (мг\кг сырого вещества) в печени позвоночных животных Южно-Ферганского субрегиона биосфера по (85, 66 с дополнением автора)

Место обитания животных	Уровень МТ, мг/кг	Содержание Нг, мкг/кг	Число животных
З Е Л Е Н А Я Ж А Б А			
Хайдаркен	568 ± 138	3113 ± 688	20
Кадамжай	564 ± 76	3027 ± 372	20
Уч-Коргонг (контроль)	58 ± 10	155 ± 24	24
О В Ц Ы			
Хайдаркен	451 ± 44 480 ± 46	943 ± 104 3630 ± 602	12
Кадамжай	-	273 ± 52 366 ± 55	14
Чаувай (до 1 года)	420 ± 44 480 ± 46	146 ± 14 232 ± 21	10
Ошская опытная станция (контроль)	50 ± 6 36 ± 9	33 ± 4 36 ± 4	15

- В числителе - содержание МТ в печени, а знаменателе - концентрация МТ в почках

Активность глутатионпероксидазы (ГП) печени и крови у амфибий в средне-чуйской селеновой аномалии и контрольном районе

Место обитания	Кровь			Печень		
	Активность ГП ¹⁾	Гемоглобин, г/л	Активность ГП ¹⁾	Селен ₂ мкг/кг	Ртуть ₂ мкг/кг	
СЕЛЕНОВАЯ БИОХИМИЧЕСКАЯ ПРОВИНЦИЯ						
Нижне Чуйск	445 ± 91	73 ± 8	527 ± 12	3135 ± 476		32 ± 4,0
Камышановка	220 ± 34	85 ± 13	177 ± 54	2564 ± 296		35 ± 3,0
КОНТРОЛЬНО – ФОНОВЫЙ РАЙОН						
с. Нижняя Аларча (условн. контроль)	1034 ± 110	100 ± 15	468 ± 34	1950 ± 174		64 ± 7,0
с. Чон Арык (контроль)	207 ± 12	94 ± 12	301 ± 13	1135 ± 65		51 ± 3,1

- 1) Активность фермента в мкМ разложившегося гидропероксида третичного бутила в мин/г (печени)
 2) Содержание элемента в средней пробе печени (п = 15)

приближалось к уровню белка в печени здоровых крыс из контрольного района (Ермаков, 1986). При высоком уровне ртути в среде Южно-Ферганского субрегиона биосферы концентрация МТ в печени амфибий варьировала от 138 до 962 мг/кг (568 ± 238), т.е. предел колебаний был достаточно широким. При этом уровень МТ в печени коррелировал с концентрацией общей ртути ($r = + 0,99$; $P < 0,05$).

4.5. Соотношение общей ртути и метилртути в организмах

Реакция метилирования является одним из основных процессов, определяющих трансформацию ртути в водной среде пресноводных экосистем и переход ее из донных отложений в водную фазу. Вероятно, любая форма ртути в водных экосистемах частично превращается в метилртуть (Me-Hg). Анализ водных организмов Южно-Ферганского ртутного субрегиона показал, что молодые особи амфибий (до 1 года) содержат 1 – 20 мкг/кг метилртути (зеленая жаба) и 132-208 мкг/кг (озерная лягушка), что от общего содержания металла составляет 6-7 и 22% соответственно. В условно-контрольном районе наблюдается более сильное аккумулятивное Me-Hg: у зеленой жабы – 10-52% и лягушки – 16% от валовой ртути.

Рассматривая уровни Me-Hg в организме молодых амфибий, следует заметить, что содержание общей ртути в них меньше, чем в головастиках. Иногда эта разница весьма существенна. У ящурок особых отличий по степени концентрирования общей ртути и ее алкильных форм не наблюдается. Относительное содержание Me-Hg в организме ящурки рассматриваемого субрегиона составило 15 - 18%, а из контрольного района 17 - 22%. Me-Hg обнаружена также в некоторых насекомых (Ермаков и др., 1991; Дженбаев, 1998). В организме муравьев эта форма ртути составляет до 50%, а в теле кузнечиков и жуков – до 5%. Наличие метилртути в организме половозрелых представителей герпетофауны служит указанием на особенности их пищевых цепей и различия в аккумуляции этой формы ртути.

4.6. Возможное воздействие селена на человека и эксперименты на животных

Биологическая роль селена в организме животных и человека определяется тем узким интервалом его оптимальных физиологических концентраций в пище и рационах (0,1 – 1 мг/кг), выше которых соединения данного химического элемента проявляют токсические свойства, а ниже – приводят к развитию симптомов его недостаточности (Гигиенические критерии состояния окружающей среды 58. Селен, 1989). Суточное потребление его человеком в различных странах мира заметно различается. В Кыргызстане не установлено суточной нормы потребления селена, но полученные нами данные являются первыми шагами в этом направлении. Прежде всего, нами определен уровень содержания селена в пшенице – основном физиологически полноценном источнике естественных органических соединений селена (от $87,5 \pm 22,7$ до $239,2 \pm 34,1$ мкг/кг). Приведенные значения являются в основном оптимальными. Анализ нескольких образцов раковых опухолей и нормальных тканей человека показал, что в тканях злокаче-

ственных опухолей концентрация селена заметно ниже по сравнению с нормальными тканями.

В опытах на личинках жабы и комаров с внесением добавок соединений селена и ртути в природную воду (0,05-15 мкг/л) было установлено, что личинки жабы более чувствительны к данным химическим элементам, чем комары. $СК_{50}$ по селену (селениту) для головастика приближалась к 3 мкг/л, а для личинок комаров - 15 мкг/л; по ртути - 2 мкг/л и 10 мкг/л соответственно. При этом каждая доза вещества действует своеобразно, особенно в области низких концентраций.

5. СИСТЕМНЫЙ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

5.1. Теория пороговых концентраций

Учение о пороговых концентрациях, разрабатываемое геохимической экологией (Ковальский, 1974), предусматривает существование нижних и верхних пороговых концентраций в геохимической среде, пищевых рационах, жидкостях организма, органах и тканях. Гигиенисты используют ПДК. Биогеохимия применяет сложную систему, определяемую данными экологии с учетом концентраций химических элементов в среде, рационах. Пороговые концентрации, нижние и верхние, раскрывают адаптационно-экологические свойства организма и отражают известный закон минимума или резистентности.

Известно, что за пределами пороговых концентрации во внешней среде (объектах биосферы) возможно изменение структуры биогеоценозов - исчезновение одних видов, увеличение численности более толерантных видов. Таким образом, пороговые концентрации имеют большое теоретическое и практическое значение.

5.2. Накопление и распределение микроэлементов в организме (организмы-концентраторы, индикаторы и мониторы)

Известно, что формирование химического элементного состава организмов (растительного и животного) Земли происходит в системе: организмы (живое вещество), почва (горные породы), вода. Источником всех химических элементов в организмах Земли являются литосфера, педосфера, гидросфера и атмосфера. Разнообразие типов горных пород, почв и физико-географических условий в значительной мере формирует изменение наблюдаемой ныне природной изменчивости химического состава организмов растительного и животного мира.

Опыты на животных в природно-техногенных условиях показали, что при длительном воздействии изученных химических элементов концентрация превышает пороговые, наиболее высокий уровень элементов обнаруживается в печени и почках. Далее умеренная концентрация элементов наблюдается в ряду: селезенка, легкие, миокард, скелетные мышцы, мозг. В значительных количествах селен содержится в костной ткани, ногтях и волосах.

Ртуть и ее формы накапливаются в почках - до 90% общего содержания в организме независимо от путей поступления (Атлавин и др., 1990). В основном ртуть аккумулируется в эпителии почечных канальцев. Наиболее высокие ее кон-

центрации в моче (10,8 мкмоль/л) отмечены у горнорабочих, занятых на добыче ртутных руд.

Полученные в природно-техногенных условиях результаты о том, что селен и ртуть аккумулируются в печени и почках животных (Хайдаркен – 4,0 и 3,6 мкг/кг; 3,2 и 2,9 мг/кг) в основном согласуются с данными других исследователей.

Как отмечено выше, теория пороговых концентраций может объяснить существование организмов-концентраторов, индикаторов, мониторов, положение организма в таксономическом ряду на основании его химического состава. Впервые понятие организм-концентратор детально разработано А. П. Виноградовым (1957). Такие организмы содержат в сотни и тысячи раз больше данного элемента, чем представители обычной флоры и фауны; организмы-индикаторы указывают например, на рудоносность и другие свойства среды.

Данные геохимической экологии организмов имеют большое практическое и теоретическое значение. Разработаны методы индикации загрязнения окружающей природной среды, основанные на изучении динамики содержания микроэлементов в организме (Ковальский, 1974; Петров и др., 1981). Этот метод хорошо зарекомендовал себя при проведении длительных стационарных исследований на природно-техногенных территориях в рамках экологического мониторинга. Результаты изучения геохимической экологии амфибий и рептилий в антропогенном ландшафте послужат основой для рекомендаций по охране и более рациональному использованию животных, а также природных ресурсов. В природно-техногенных ландшафтах Кыргызстана можно рекомендовать в качестве индикаторных организмов зеленую жабу и озерную лягушку.

5.3. Анализ биогеохимических пищевых цепей

Биогеохимические пищевые цепи между компонентами среды и организмами - сложный и многогранный процесс (Ковальский, 1978). На время нашего исследования наиболее существенными звеньями являлись: ящурка-прус, прус-растения, овцы-растения, растения-почва, ил-личинки комаров. В этой системе имеются консументы 1-го, 2-го, 3-4-го и более высокого порядка.

На основании расчета коэффициента корреляции (r) были оценены коррелятивные связи между уровнями концентраций химических элементов в отдельных звеньях биогеохимической пищевой цепи. Для систем: растение-почва, прус-растения и жаба-прус по уровням селена и ртути наблюдается положительная корреляция. В отличие от ртути по селену (Южно-Ферганский субрегион) для блока: разноцветная ящурка – прус такая зависимость весьма существенна ($r = 0,99$; $P < 0,01$). По другим системам связи не выявлено. Например, количественные связи: растение – почва, прус – растение, жаба – прус, ящурка – прус не усиливаются ни по величине r ни по значению K_6 .

Рассмотрены количественные связи между звеньями биогеохимических пищевых цепей, косвенно отражающих накопление или рассеяние химических элементов. Об этом можно судить по значению коэффициента биологического поглощения элемента – K_6 . Он рассчитан для систем: растения-почва, прус-растения, ящурка-прус, жаба-прус, личинки жабы-ил, лягушка-ил, личинки лягушки -

ил. Расчеты сделаны по природным (средне-чуйские торфяники) и техногенным ландшафтам (Южно-Ферганский субрегион биосферы). Для системы растение-почва K_6 селена в обоих комплексах практически совпадает (0,77 - 0,81), что указывает на довольно активную кумуляцию микроэлемента растениями по сравнению с зоной Нечерноземья России, где $K_6 = + 0,2$ (Ермаков, 1992).

В отношении селена K_6 для различных систем более высокий, чем K_6 ртути, кроме звеньев: прус-растения ($K_6 = 0,21$) и личинки лягушки-ил ($K_6 = 0,24$). Наибольшей аккумуляцией селена обладают амфибии. Так, K_6 селена в системах жаба-прус и личинки-ил составляет 1,63 и 1,61 соответственно. Для звена лягушка-ил K_6 селена равен 1,03. Подобный расчет не сделан для системы жаба-ил, так как этот вид амфибий во взрослом состоянии в меньшей степени имеет контакт с илом, он более литофилен. Лягушки, напротив, постоянно обитают в водоемах и характеризуются очень высокой степенью кумуляции селена, о чем свидетельствует K_6 селена для системы лягушки-личинки комаров. Таким образом, условия обитания и характер питания животных накладывают четко выраженный отпечаток на вовлечение микроэлементов в биогеохимический цикл.

5.4. Элементный состав организмов и их изменение (соотношения) в процессе развития (эволюции)

В. И. Вернадским (1954) была выдвинута идея о переходе эволюции органического мира (эволюции видов) в эволюцию биосферы в целом. Им показана роль геохимических факторов в эволюции биосферы и ее биохимических функций. В данное время обнаружены генетические и фенетические различия по содержанию микроэлементов в организме и установлено, что в основе генетической адаптации к геохимическим факторам среды лежит явление гетерогенного полиморфизма популяций, значение которого в процессе видообразования и внутривидовой приспособительной дифференциации очень велико.

В процессе эволюции организмов соотношение генетических и экологических факторов изменяется. Исследование концентрационной способности древнейших организмов планеты – сине-зеленых водорослей - подтверждает это (Саенко, 1991). У древнейших организмов ведущим в эволюции, по-видимому, являются параметры среды обитания. По мере поднятия организмов по эволюционной лестнице, следовательно, усложнения их строения и метаболизма, на первое место выступает генетический контроль.

Изменение содержания микроэлементов на разных стадиях онтогенеза свойственно растениям и животным. Например, содержание ртути в организме моллюсков и герпетофауны повышается с увеличением возраста (Петухова, 1982; Дженбаев, 1999), а мидии меньшего размера накапливают селен в большей степени селен, чем крупные особи (Фаулер и др., 1979). Впервые проведенное изучение соотношения селена и ртути в природно-техногенных ландшафтах (Южно-Ферганского субрегиона) показало, что оно равняется 1:1, что согласуется с другими данными (Ртуть: экологические аспекты применения, 1992). В городских условиях (г. Бишкек) оно приближается к 2. Очень высокое соотношение Se : Hg в природной селеновой аномалии средне-чуйских торфяников и с. Сары-Булак.

Многолетние исследования показали, что в природно-техногенных условиях в организме амфибий, рептилий и насекомых с увеличением возраста изменяется содержание селена, ртути и фтора (Дженбаев и др., 1993; Дженбаев, 1999).

Можно предположить, что участки земной коры с высокой концентрацией рассеянных элементов играли определенную роль в видообразовании. В горных странах такие участки более распространены, чем на равнинах. Возможно, это в какой-то степени повлияло на усиление видообразования в горных странах, что было установлено известным русским генетиком Н. И. Вавиловым. Ярким примером микроэволюционного процесса, протекающего в экстремальных условиях среды, являются горные ландшафты Тянь-Шаня (1600-4000 м). Здесь у амфибий обнаружено кратное увеличение хромосомного набора (Токтосунов, 1984). Полиплоидия приводит к генетической избыточности, на основе которой, вероятно, и может осуществляться естественный отбор в экстремальных условиях.

5.5. Биогеохимическое районирование природно-техногенных территорий Кыргызстана

Одним из методов изучения техногенных экосистем является эколого-геохимическая оценка ландшафтов, в частности, эколого-геохимическое картирование, опирающееся на регулярную сеть опробования. К сожалению, этот метод слабо используется в области охраны и гигиены окружающей среды (Олигер, 1994). Для Кыргызстана эколого-геохимические карты еще не составлены. Между тем именно здесь ощущается острая необходимость в составлении карт, содержащих сведения о состоянии здоровья населения, демографической ситуации и санитарном состоянии территорий республики, рекреационных и водных ресурсах, геохимических характеристиках антропогенных ландшафтов, ареалах рассеяния загрязняющих веществ с учетом категории и класса их опасности, границах территорий экологического дискомфорта, что позволяет дифференцировать факторы среды в развитии патологий человека и животных. В Кыргызской Республике в настоящее время активно развивается горнодобывающая промышленность и существует острая необходимость в эколого-геохимическом картировании.

В.В. Ковальским (1985) впервые было осуществлено биогеохимическое районирование СССР на основании выделения регионов биосферы, субрегионов биосферы и биогеохимических провинций. Все горные территории, в том числе Кыргызстан, ученый объединил в 4-ю группу таксонов биосферы. Горным регионам присуща биогеохимическая мозаичность. Здесь наиболее четко проявляются закономерности миграции химических элементов, установленные в геохимии ландшафтов. Тем не менее, и в этих таксонах биосферы можно выделить территории с недостатком и избытком химических элементов. Как отмечалось выше, Кыргызстан является одним из дефицитных по йоду регионом планеты. Нами впервые составлено биогеохимическая картосхема территории Кыргызстана по селеновому статусу: норма, недостаток, избыток (рис. 3).

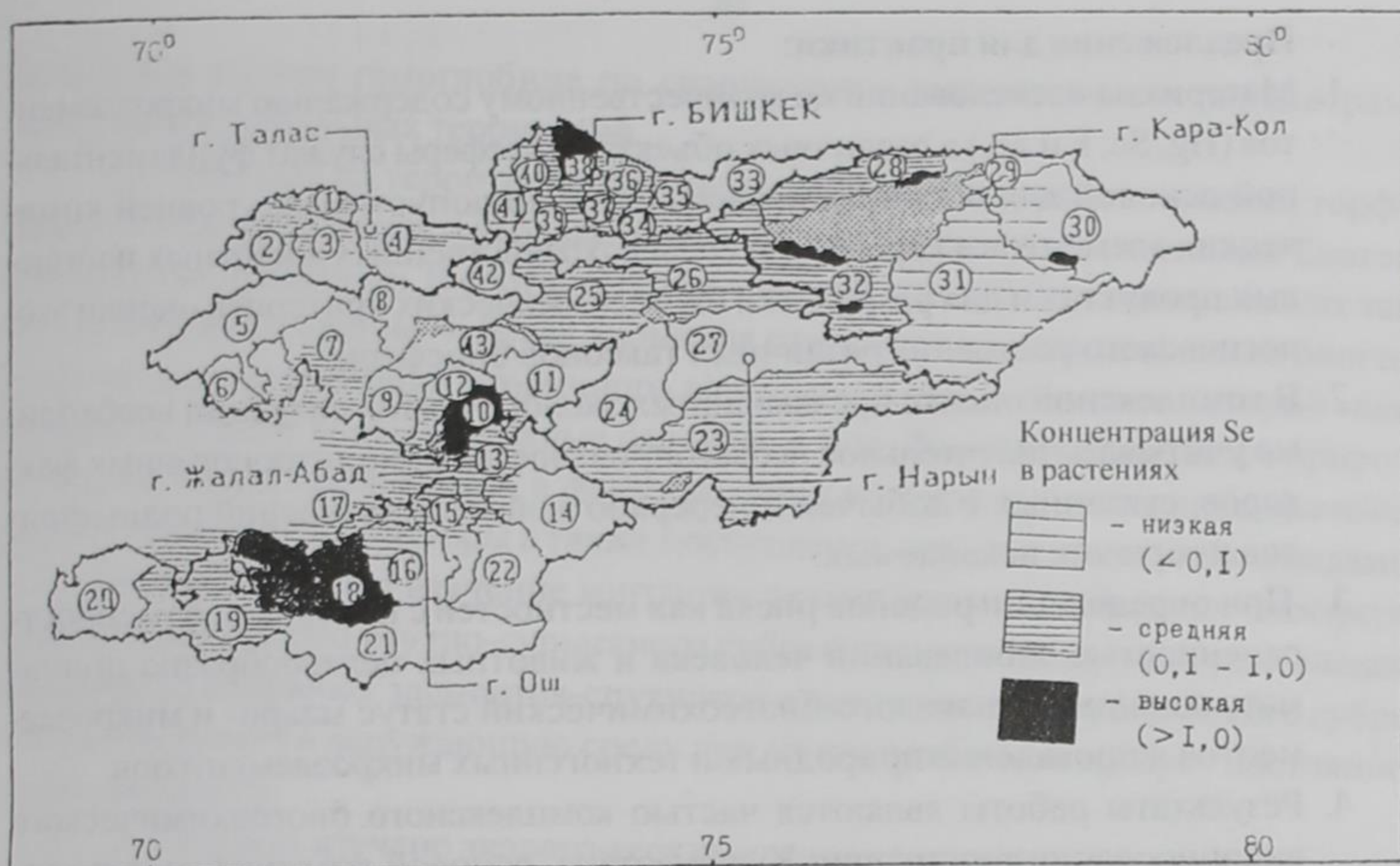


Рис. 3. Картограмма селенового статуса Кыргызстана.

Районы:

- | | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 1. Манасский | 15. Кара-Сууйский | 29. Тюпский |
| 2. Кара-Бууринский | 16. Ноокатский | 30. Ак-Сууйский |
| 3. Бакай-Атинский | 17. Араванский | 31. Жети-Огузский |
| 4. Таласский | 18. Кадамжайский | 32. Тонский |
| 5. Чаткальский | 19. Баткенский | 33. Кеминский |
| 6. Ала-Букинский | 20. Ляйлякский | 34. Иссык-Атинский |
| 7. Аксыйский | 21. Чон-Алайский | 35. Чуйский |
| 8. Токтогульский | 22. Кичи-Алайский | 36. Кантский |
| 9. Ноокенский | 23. Ат-Башинский | 37. Аламединский |
| 10. Сузакский | 24. Ак-Талинский | 38. Сокулукский |
| 11. Тогуз-Тороузский | 25. Жумгалский | 39. Московский |
| 12. Базар-Коргонский | 26. Кочкорский | 40. Калининский |
| 13. Узгенский | 27. Тянь-Шаньский | 41. Панфиловский |
| 14. Кара-Кульджинский | 28. Иссык-Кульский | 42. Суусамырский |
| | | 43. Уч-Терекский |

Предложения для практики:

1. Материалы исследований по количественному содержанию микроэлементов (Hg, Se, F и др.) в различных объектах биосферы служат фундаментальной основой для обоснования максимально допустимых уровней химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных и пищевых продуктах и для разработки биогеохимических критериев оценки экологического состояния различных таксонов биосферы.
2. В комплексной оценке чрезвычайных экологических ситуаций необходимо учитывать значительное неблагоприятное влияние антропогенных факторов, связанных с добычей и переработкой месторождений полиметаллов и горючих ископаемых.
3. При определении районов риска как местностей с наибольшей распространенностью заболеваний человека и животных целесообразно принимать во внимание эколого-биогеохимический статус макро- и микроэлементов и проявление природных и техногенных микроэлементозов.
4. Результаты работы являются частью комплексного биогеохимического районирования территории Кыргызстана, основой создания карт и картосхем для краевой медицины и сельского хозяйства, обоснования конкретных рекомендаций по профилактике эндемических заболеваний, применению и внедрению удобрений, кормовых и пищевых добавок. Материалы по оценке статуса селена территорий Кыргызстана могут непосредственно использоваться в медицине и ветеринарии (профилактика и лечение беломышечной болезни сельскохозяйственных животных, сердечно-сосудистых и опухолевых заболеваний человека, профилактика эндемического зоба).
5. Полученные данные об особенностях химического микроэлементного состава организмов представляют интерес для экологов, систематиков растений и животных.

Выводы

1. Представлены уровни содержания и дан сравнительный анализ особенностей накопления Se, Hg, F и других элементов наземными организмами Кыргызстана (растения, насекомые, амфибии, рептилии, млекопитающие) с учетом пищевых цепей, географических и природно-техногенных геохимических факторов. Установлено, что техногенные факторы существенно изменяют характер биогеохимических пищевых цепей земноводных, млекопитающих и растений.

2. В экстремальных геохимических условиях встречаются морфо-физиологические измененные формы наземных растений, амфибий и млекопитающих. Особенно это характерно для урановых и ртутно-сурьмяных субрегионов биосферы, где происходит активирование гемопоза с увеличением числа эрит-

роцитов и уровня гемоглобина по сравнению с аналогичными параметрами животных контрольных территорий.

3. Впервые на территории Кыргызстана в районе средне-чуйских торфяников и Кок-Жангакского угольного района выявлены гиперселеновые биогеохимические провинции. В соответствии с классификацией биогеохимических таксонов биосферы средне-чуйская аномалия относится к интерзональным биогеохимическим провинциям вторичного происхождения, в генезисе которой главную роль играют аккумулятивные барьеры, а Кок-Жангакская является природно-техногенной провинцией, в формировании которой существенное значение имеют техногенные факторы а также поступление селена с подземными водами.

4. Комплексное изучение миграции селена и ртути в объектах биосферы Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного субрегиона показало, что селен является одним из основных элементов-спутников в рудах данного техногенного субрегиона, поступает в окружающую среду при их переработке и требует постоянного мониторинга.

5. Впервые изучено эколого-геохимическое состояние (микроэлементный статус и реакции организмов) некоторых угольных и рудных районов обогащенных ураном и тяжелыми металлами, включая поселки и малые города Кыргызстана, установлены источники загрязнения компонентов ландшафтов. Выявлены основные биогеохимические цепи микроэлементов (Se, Hg, F и др.) селитебных территорий Кыргызстана, определены основные и второстепенные источники и степень их загрязненности, а также организмы-концентраторы, обитающие в городской среде.

6. Установлено, что в р. Чу в водах нижнем течении по сравнению с верхним с увеличением ее протяженности общая минерализация, содержание сульфатов, кальция, стронция и фтора в 10 раз превышают концентрации указанных компонентов. При этом наблюдается определенная зависимость численности животных от высоты среды их обитания. Обнаружены межпопуляционные изменения массы и длины тела амфибий среди чуйской (650-760 м над уровнем моря), иссык-кульской (1610-1700 м) и тулекской (2000 м) популяциями зеленой жабы (от $38,58 \pm 2,19$ г до $20,60 \pm 1,05$ г и $7,52 \pm 0,17$ см до $5,98 \pm 0,11$ см). Кроме того, имеют значение такие взаимосвязанные экологические факторы как степень аридности, величина общей минерализации вод, степень засоления почв, которые резко лимитируют распространение амфибий.

7. Установлено, что в природных водах и водных организмах (земноводные, пресмыкающиеся, насекомые и моллюски) ртутных биогеохимических провинций и фоновых ландшафтов наряду с ртутью присутствует метилртуть, концентрации которой составляют до 40% от валового содержания металла.

8. Обнаружено, что у южно-ферганских популяций пойкилотермных животных высокая степень накопления ртути, сурьмы и селена сопровождается резким увеличением концентраций металлотионеинов и снижением активности глу-

татионпероксидазы в печени амфибий. При этом ртуть выступает как фактор, усиливающий гипоксию, блокируя перенос кислорода у амфибий и рептилий, а детоксикация металлов металлотioneинами является универсальным молекулярно-генетическим биосферным механизмом.

9. В градиенте техногенного загрязнения среды сообщества пойкилотермных животных претерпевают существенные структурные перестройки, изменяется число, набор, степень доминирования видов, видовое разнообразие и обилие. Увеличение концентраций ртути, сурьмы и селена вблизи источников эмиссии создает предпосылки для интенсивного поступления этих элементов в организм растений, животных и других организмов.

10. Для большинства обследованных ландшафтов Кыргызстана установлены оптимальные уровни селена в почвенно-растительном комплексе и его экологический статус в целом оценен относительно удовлетворительным (K_6 селена = $0,74 \pm 0,14$), за исключением некоторых территорий распространения изверженных кислых пород (восточное Прииссыккулье, бассейн р. Тюп и др.).

11. Впервые представлена картосхема распространения селена в почвенно-растительном комплексе на территории Кыргызстана в связи с экологическим статусом данного микроэлемента и его уникальной биологической ролью

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Мурсалиев А. М. Селен в ртутно-сурьмяном субрегионе биосферы // Тез. Докл. юбил. науч. конф., - Бишкек, январь 1993. - Часть 1: Зоотехния, биология животных и ветеринария. - С.109.

2. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Мурсалиев А. М. Ысык-Колдун туштук батышындагы жаныбарлардын геохимиялык экологиясы // Там же. - С.178.

3. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В. Селен в илово-торфяных отложениях Северного Тянь-Шаня // Тез. Докл. межд. симпозиума «Зооиндикация и экотоксикология животных в техногенных ландшафтах». - Днепропетровск, июль 1993. - Часть 2. - С. 47.

4. Мурсалиев А.М., Дженбаев Б. М. Содержание микроэлементов в лекарственных растениях Кыргызстана // Тез. докл. Респуб. науч. конф. по аграрной пробл. – Бишкек, 1994. - С.134-135.

5. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В. Геохимическая экология амфибий и рептилий в условиях биогеохимических провинций // Матер. Всесоюзн. совещ. “Экология популяций: структура и динамика”. – М., 1995. – С.815-820.

6. Дженбаев Б. М., Ермаков В.В., Мурсалиев А. М. Селеновая биогеохимическая провинция Чуйской долины // Наука и техника. - Бишкек, 1995, № 1,2. - С.87-91.

7. Дженбаев Б. М. Геохимическая экология амфибий и рептилий в природно-техногенных условиях Кыргызстана // Тез. докл. конф. «Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия». - Бишкек, 1996. - С. 59.

8. Дженбаев Б. М., Курманалиев Н. К. Влияние селена на кариес зубов // Там же. - С.60.
9. Дженбаев Б. М. Биогеохимические пищевые цепи селена в условиях ртутно-сурьмяного биосферного субрегиона Кыргызстана // Матер. межд. конф. «Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке». - Бишкек, 1996. - С.316-317.
10. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М. Геохимическая экология организмов в условиях Северного Кыргызстана // Там же. - С.337-338.
11. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В. Ртуть в организме и пищевых цепях амфибий фоновых и аномальных территориях Кыргызстана // Сб. докладов межд. симпоз. «Тяжелые металлы в окружающей среде». - Пущино, октябрь 1996. - Часть 3. - С. 91-97.
12. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Мурсалиев А. М. Биогеохимия селена в торфяниках Камышановского месторождения Кыргызстана // Изв. НАН КР. - Бишкек, 1997. № 2-3. - С.156-157.
13. Дженбаев Б. М. Геохимическая экология рептилий в условиях западного Прииссыккуля // Сб. докл. Национального семинара по борьбе с опустыниванием земель в Кыргызстане. - Бишкек, 1997. - С.87-90.
14. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М., Ермаков В. В. Геохимическая экология фауны насекомых горных экосистем Прииссыккуля // Изв. НАН КР. - Бишкек, 1997, № 4. - С.65-69
15. Дженбаев Б. М., с Ермаков В. В., Мурсалиев А. М. Содержание ртути в растениях, почвах и наземных организмах Южно-Ферганского субрегиона биосферы // В кн. Исследования живой природы Кыргызстана. Сб. науч. статей. - Бишкек, 1997. - Вып. 1. - С.8-13.
16. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В. Индикационная роль личинок наземных организмов на загрязнения окружающей среды // Там же. - С.49-54.
17. Дженбаев Б. М. Некоторые вопросы геохимической экологии овец Кыргызской тонкорунной породы // Наука и новые технологии. - Бишкек, 1997. № 4. - С.139-145.
18. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В. Выживаемость личинок комаров при различном уровне концентрации селена и ртути в среде обитания // Сб. докл. Респуб. науч. конф. «Природная среда и кровообращения». - Бишкек, сентябрь 1997. - С. 92-95.
19. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М. Экологическое состояние природной среды Южного Кыргызстана // В кн. Исследования живой природы Кыргызстана. Сб. науч. статей. - Бишкек, 1998. - Вып. 2. - С.187-193.
20. Дженбаев Б. М., Кадырова Б. К. Ртуть и селен в среде обитания и организмах некоторых позвоночных животных Кыргызстана // Там же. - С. 193-196.
21. Дженбаев Б. М., Кадырова Б. К. Тяжелые металлы в организме данатинской жабы (*Bufo danatensis*) кеминской популяции // Там же. - С. 196-198.

22. Дженбаев Б. М. Биогеохимические циклы и мониторинг окружающей среды // Бюл. общест. центр эколог. информации. - Бишкек, март 1997. - С.9-10.
23. Дженбаев Б. М. Ртуть в окружающей среде (Кыргызстан) // Тез. докл. межд. конф. "Благородные и редкоземельные металлы". - М., 1997. - Часть 2. - С. 56-57.
24. Дженбаев Б. М. Ртуть в почвах природно-техногенных условий Кыргызстана // Тез. межд. конф. «Криогенность почв: экология генезис и классификация». - Сыктывкар, 1997. - С. 214-215.
25. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Аденов Ж. А. Биогеохимическая оценка изученности селена в Кыргызстане // Сб. докл. «Итоги и перспективы развития современной медицины в контексте XXI века». - Бишкек, 1998. - С.465-470.
26. Дженбаев Б. М. Водные ресурсы Кыргызстана - основа жизнеобеспечения Центральной Азии // Ежегод. конф. по химии и технологии воды. - Киев, 1997. - С. 76-78.
27. Дженбаев Б. М. Выживаемость личинок амфибий при различном уровне селена и ртути в среде // Наука и новые технологии. - Бишкек, 1998. № 1. - С.55-58.
28. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М., Ермаков В. В. Биогенная миграция селена и ртути в биогеохимических пищевых цепях биосферного субрегиона Южного Кыргызстана // Наука и новые технологии. - Бишкек, 1998. № 2. - С.114-118.
29. Дженбаев Б. М. О состоянии водных ресурсов Кыргызстана // Материалы Респуб. научн. конф. «Устойчивость, антропогенная трансформация и оптимизация природной среды Казахстана». - Алматы, 1998. - С.50-52.
30. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Мурсалиев А. М. Эколого-геохимическое состояние поселка Ак-Тюз // Экологический вестник Кыргызстана. - Бишкек, 1998. № 3. - С. 12-14.
31. Дженбаев Б. М. Биоиндикационная роль Зеленая жаба (*Bufo viridis*) в условиях Чуйской долины // Сов. метод. исслед. в медицин. науке и практике и их дальнейшее развитие. Сб. науч. стат. молодых ученых Цент. Азии и России. - Бишкек, - 1998. - С. 130-133.
32. Дженбаев Б. М. Индикационная роль амфибий в условиях техногенной среды // Тез. конф. "Экол. обеспеч. биол. разнообраз. в Респуб. Таджикистан и сопред. территорий". - Душанбе, 1998. - Часть 1. - С. 123-124.
33. Ermakov V. B., Djenbaev B. M., Degtarev A. P. Ecologo-biogeochemical regioning of Russia // The Proceedings volume «Trase elements in man and animals-TEMA-8». - Dresden. 1993.P.428-429.
34. Djenbaev B. M., Ermakov V. B. Selenium the South Fergana biosphere subregion // V-th international Symposium «Plant life in South-West and Central Asia» - Tashkent, 1998. - p.149.
35. Djenbaev B. M., Myrsaliev A. M. The role of biogeochemical environment

in the studies of microevol. processes //Междун. конф. по видообразованию следовым элементам в биомедицине, науках о питании и окружающей среде. - Мюнхен, 1998. - Т. 2. - С. 312.

36. Дженбаев Б. М. Биогеохимия селена в угольно-урановом регионе Мин-Куш //Наука и новые технологии. - Бишкек, 1999. № 2. - С.59-61.

37. Дженбаев Б. М., Плишкин А. А. Геохимическая экология комаров (Diptera, Culicidae) в условиях Северного Кыргызстана //В кн. Проблемы и перспективы экспериментальной и клинической медицины. Сб. науч. статей. - Бишкек, 1999. - С.33-40.

38. Дженбаев Б. М. Геохимическая экология амфибий и рептилий Кыргызстана //2-я Российская школа "Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы". - М. 1999. - С.117-118.

39. Усенкула Г.Б., Дженбаев Б. М. Ермаков В.В., Мурсалиев А.М. Количественные взаимоотношения между селеном и йодом в биогеохимических пищевых цепях Кыргызстана //Здравоохранение Кыргызстана. - Бишкек, 1999. № 2. - С.10-13.

40. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В. Геохимическая экология пойкилотермных животных Кыргызстана //Тр. БИОГЕЛ, – М.: Наука, 1998. Т.23. - С.200-227.

41. Дженбаев Б. М. Ермаков В.В., Мурсалиев А.М., Аденов Ж.А., Курманалиев Н.К. Влияние селена и его соединений на образование кариеса //В кн. Актуальные вопросы современной гистологии. Сб. науч. статей. - Бишкек, 1999. - С. 64-70.

42. Дженбаев Б. М., Кадырова Б. М. Тяжелые металлы в организме некоторых животных Кыргызстана //Вестник КГНУ, 1999. - С.54-58.

43. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Мурсалиев А. М. Аденов Ж. А. Биогенность химических элементов и селеновой статус. - Бишкек, Изд-во БГУ, 1999. - 92 с.

44. Дженбаев Б. М. Геохимическая экология наземно-водных организмов. - Бишкек, Изд-во БГУ, 1999. - 178 с.

45. Дженбаев Б. М., Ермаков В. В., Петрунина Н. С. Биогеохимия редких элементов Сары-Джазского горного массива //3-й Российской школы "Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы". - Горно-Алтайск, сентябрь 2000. – С. 205-206.

46. Дженбаев Б. М., Аденов Ж. А., Ермаков В. В. Макро- и микроэлементы в волосах студентов Кыргызстана //Межд. науч.-практ. конф. "Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде". – Семипалатинск, февраль 2000. – С. 348-349.

Геохимическая экология организмов в природно-техногенных ландшафтах Кыргызстана

РЕЗЮМЕ

Впервые представлены биогеохимические параметры организмов (растения, животные и частично биосреды человека) и дан анализ особенностей накопления селена, ртути, фтора и некоторых других химических элементов организмами с учетом пищевых цепей и природно-техногенных факторов. В процессе изучения геохимической среды обитания организмов было прослежено изменение концентрации изученных элементов в почвах, природных водах, растениях, некоторых представителях насекомых, амфибий, рептилий, частично млекопитающих на обширных территориях Кыргызстана. Полученные данные указывают на то, что по статусу Se, Hg и других металлов большая часть обследованной территории Республики принадлежит к оптимальным районам. Более того, впервые на территории Кыргызстана в районе Средне-Чуйских торфяников и Кок-Жангакского угольного района выявлены гиперселеновые биогеохимические аномалии.

В экстремальных техногенных условиях встречаются морфофизиологические изменения организмов и соотношение распространения пойкилотермных животных. Высокая степень накопления элементов в организме животных, обитающих в природно-техногенных условиях (Хайдаркен и др.), сопровождается резким увеличением содержания МТ и снижения ГП в печени, активированием гемопозза с увеличением числа эритроцитов и уровня гемоглобина по сравнению с животными контрольных территорий.

Впервые представлена картосхема распространения селена в почвенно-растительном комплексе на территории Кыргызстана в связи с экологическим статусом данного элемента и его ролью в патогенезе сердечно-сосудистых и опухолевых заболеваний.

Geochemical ecology of organism in the natural and technical landscapes of Kyrgyzstan

ABSTRACT

The biogeochemical parameters of organisms (plants, animals, and, partially the biological environment of man) are presented for the first time. An analysis of the peculiarities of the accumulation of selenium, mercury, fluorine, and some other chemical elements by organisms is given, taking into account food chains and natural-technogenic factors. In the process of studying the geochemical environment, in which the organisms live, the change of the concentration of the studied elements in

soils, natural waters, plants, some representatives of insects, amphibians, reptiles, and partially mammals of vast territories of Kyrgyzstan was traced. The obtained data show that the major part of the investigated area of the country belongs to optimal regions. Moreover, hyperselenium biogeochemical anomalies were discovered on the territory of Kyrgyzstan for the first time in the area of the Middle Chu peatlands and the Kok-Jangak coal region.

Under extreme (technogenic) conditions morphophysiological changes of organisms and the correlation of poikilothermic animals distribution. A high degree of elements accumulation in the organism of animals, living under natural-technogenic conditions (Khaidarken and others) is accompanied by a sharp increase of the content of glutathioneperoxidase and a decrease of the content of metallothionein in the liver, by the activation of hemopoiesis with an increase of the erythrocyte number and the hemoglobin level in comparison with control territories. A schematic map of selenium distribution in the soil-plant complex on the territory of Kyrgyzstan in connection with the ecological status of this element and its role in the pathogenesis of cardiovascular and tumoral diseases is presented for the first time.

Кыргызстандын жаратылыш-техникалык чөйрөсүндө жашаган тирүү организмдердин геохимиялык экологиясы

РЕЗЮМЕ

Биринчи жолу тирүү организмдердин (өсүмдүктөрдүн, жаныбарлардын жана адамдардын) биогеохимиялык көрсөткүчтөрү жана селен, сымап, фтор жана башка ушул сыяктуу химиялык элементтердин организмде кармалуусу жана биогеохимиялык тамак айлануусу жаратылыш-техникалык шарттарды эске алуу менен изилдөөлөр жүргүзүлдү. Тирүү организмдердин геохимиялык жашоо чөйрөсүн изилдөөнүн негизинде, жогорку аталган химиялык элементтердин өлчөмү Кыргызстандын көпчүлүк техникалык жер шартында топурактын, суунун, өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын составында байкалды. Биздин алган маалыматтарга караганда республиканын жаратылыш жер шартында негизинен изилденген элементтердин өлчөмү оптималдуу деп айтсак болот. Ошондой эле биринчи жолу Кыргызстанда Чүй каналынын боюнда (Камышановка, Төмөнкү Чүй айылындагы чым көндө) жана Көк-Жангак көмүр кени чыккан аймакта селендин жогорку өлчөмдөгү биогеохимиялык кичи аймагы аныкталды.

Өтө катаал техникалык шарттарда жаныбарлардын жана өсүмдүктөрдүн морфологиялык жана физиологиялык өзгөргүчтүгү такталды. Ошондой эле муздак кандуу жаныбарлардын чөйрөдө таралуусунун өзгөргөндүгү байкалды. Техникалык катаал шарттарда жашаган жаныбарлардын организмде химиялык элементтердин көп өлчөмдө кармалуусу менен төмөнкү молекулалуу белоктордун (МТ - металлотионеин) өлчөмү

боордун составында көбөйөөрү, глутатионпероксидаза (ГП) деген ферменттин азайуусу аныкталды. Ал эми гемоглобин менен эритроциттердин саны таза жаратылыш чөйрөгө салыштырмалуу көбөйөт.

Биринчи жолу Кыргызстанда өсүмдүктөр менен топуракта жалпы түрүндө селендин таралуусу жөнүндө картосхемасы түзүлдү, экологиялык статусун жана анын ар кандай ооруларга (рак, жүрөк кантамырлары ж.б.) тийгизген таасирин эске алуу менен.

Подписано в печать решением Диссертационного Совета Д 03.00.107 от
21.12.2000 г. Разрешение НАК КР № 260 от 21.12.2000 г.

Заказ № 383. Тираж 100 экз. Объем 2 печ. лист.

Бумага офсетная. Формат 84.

Кыргызская Республика, г. Бишкек

ОсОО «Dividend - company»