

**СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
РТУТНОЙ ПРОВИНЦИИ АЙДАРКЕН
(ХАЙДАРКАН, КЫРГЫЗСТАН)**

Дженбаев Бекмамат Мурзакматович

*д-р биол. наук, профессор, Биолого-почвенный институт
Национальной академии наук Кыргызской Республики,
720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 265*

Иматали кызы Калыскан

*старший преподаватель, Ошский гуманитарно-педагогический институт,
714003, Кыргызская Республика, г. Ош, ул. Исанова, 73
E-mail: kimatalikyzy@mail.ru*

**MODERN ECOLOGICAL BIOGEOCHEMICAL CONDITION
OF MERCURY PROVINCE AIDARKEN
(HAIDARKAN, KYRGYZSTAN)**

Djenbaev Bekmammat

*Doctor of Biological Sciences, professor, Biology and Pedology Institute,
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
720071, Kyrgyz Republic, Bishkek, Chui ave., 265*

Imatali kyzy Kalyskan

*Senior lecturer, Osh pedagogical institute of humanities,
714003, Kyrgyz Republic, Osh, Isanov str., 73*

АННОТАЦИЯ

В настоящее время Кыргызстан является одной из ведущих в мире сурьмяно-ртутных провинций и обладает значительными потенциальными возможностями для увеличения этих металлов. Однако проблема ртутной безопасности – экологическая и социальная проблема. Распределение,

транспортировка и трансформация ртути в экосистемах требуют особого внимания.

В данной статье представлены результаты физико-химических исследований по участкам ртутной провинции Айдаркен, Баткенской области, Республики Кыргызстан. Сбор и исследования пробы проведены в 2013 и 2014 годах. Определены типы почв и механический состав почвы над уровнем моря на высоте от 1684 м до 2078 м.

Приведены результаты спектрального анализа микроэлементов и ртути в почвенно-растительном покрове атомно-абсорбционным методом. Изучен биогеохимический анализ наземных частей разных видов растений.

Установлено, что на всех исследованных участках концентрация ртути в почвенно-растительном покрове больше по сравнению с фоновыми участками и ПДК, а их значения зависят от удаленности источника загрязнения, особенно в районе хвостохранилища и металлургического завода.

Сурьма как основной сопутствующий элемент в данной ртутно-сурьмяной провинции на всех точках почвенного покрова выше ПДК, также установлены высокие концентрации отдельных тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn) в районе хвостохранилища.

ABSTRACT

At present, Kyrgyzstan is one of the world's leading mercury-antimony provinces and there is a considerable potential possibility to increase these metals.

However, the problem of mercury safety is one of the ecological and social problems. Distribution, transport and transformation of mercury in ecosystems require special attention.

The article deals with the results of physic-chemical researches on the mercury territory in Aidarken province of Batken region of Kyrgyzstan. Data collection and sample researches were conducted in 2013-2014. The types of soil and its structure were defined above sea level at an altitude of 1684 meters to 2078 meters.

The results of spectral analysis of microelements and mercury are given in the article researched by the atomic-absorption method of land-greenery cover.

Biogeochemical analysis of above-ground parts of various plant species are studied in it.

It is found that mercury concentration in all researched areas is more than the background portion and the MAC, and their values depend on the deletion of source pollution, especially in the area of the tailings and metallurgical plant.

Antimony is the main accompanying element in the mercury-antimony province at all areas of soil cover above the MAC, besides it high concentrations of certain heavy metals (Pb, Cu, Zn) are found in the tailings.

Ключевые слова: ртуть, микроэлементы, почва, растительный покров, биогеохимическая оценка, хвостохранилище, окружающая среда.

Keywords: mercury, microelements, soil, plant cover, biogeochemical assessment, tailings, environment.

Актуальность. Известно, что Совет управляющих Программ ООН по окружающей среде (ЮНЕП) на своей 22-й сессии (2003) пришел к выводу, что имеющиеся доказательства значительного негативного воздействия ртути и ее соединений в глобальном масштабе достаточны для обоснования необходимости дальнейших действий международного сообщества по снижению соответствующих рисков для здоровья человека и для окружающей среды.

В настоящее время Кыргызстан является одной из ведущих в мире сурьмяно-ртутных провинций и обладает значительными потенциальными возможностями для увеличения этих металлов, следовательно, ртутная безопасность – одна из экологических и социальных проблем. Распределение, транспортировка и трансформация ртути в экосистемах требуют особого внимания. Добыча, обработка ртути способствуют интенсивному рассеиванию ее в среде обитания.

В Кыргызстане ртутные руды известны с древности. Южно-Ферганский ртутно-сурьмяный пояс вытянут в субширотном направлении вдоль горных

цепей Туркестано-Алайской системы. Наиболее важными из средневековых ртутных рудников в регионе были Хайдаркан и Чаувай. Хайдаркан находится в пределах одноименного рудного роля, расположен в пределах передовой гряды Туркестанского и Алайского хребтов, обрамляющих Ферганскую долину с юга. Месторождение относится в кварц-флюорит-антимонит-киноварному минеральному типу [3, с. 51; 11, с. 237; 12, с. 100].

Известно, что за свои высокие качества кыргызская (киргизская) металлическая ртуть и сурьма были признаны в 1970–1990-х гг. эталонами на международном рынке. После 90-х гг. прошлого века на Айдаркенском ртутном комбинате производственные процессы нестабильны и часто нарушаются технологические процессы, так как научно-практические исследования на территории комбината и в зоне его влияния не проводились, поэтому нами поставлены задачи – изучить эколого-биогеохимическое состояние экосистемы в районе Хайдарканского ртутного комбината и биогеохимию ртути в окружающей среде.

Материалы и методы. Научные исследования проводились на протяжении 2013–2014 гг. по участкам ртутной провинции Айдаркен и прилегающей территории. Отбор проб почв проводили в соответствии со стандартами из горизонтов А с глубины 0–20 см, учитывая расстояния от загрязненного участка. С помощью GPS установили высоты над уровнем моря и координаты. Пробы растений после сбора определяли до вида, сушили в помещении до сухого вещества, а затем измельчали на мельнице.

Минерализацию образцов почв и растений осуществляли с использованием микроволновой системы – «Минотавр-2» в лаборатории биогеохимии и радиоэкологии Биолого-почвенного института НАН КР. Определение видов растений и типов почвенного покрова уточняли или осуществляли при участии научных сотрудников Биолого-почвенного института НАН КР. Управление процессом измерения и обработка полученной информации производили с помощью компьютера с установленным программным обеспечением. Дозирование жидкой пробы в кювету атомизатора

производится ручным микродозатором объемом 5–50 мм³. Дозирование жидкой пробы также может производиться с помощью автодозатора (автосемплера) [2, с. 27; 7, с. 21, 63; 10, с. 14, 18].

Исследования проводились согласно методологии, разработанной в Биогеохимической лаборатории Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и Биолого-почвенном институте НАН КР. Определение содержания ртути в исследуемых объектах биосферы (почва, растения, вода) проводилось атомно-абсорбционным методом (с гидридной приставкой). Общий химический состав определялся спектральными методами в Центральной лаборатории государственного агентства по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве Кыргызской Республики. Химические анализы на элементы плодородия (валовое содержание азота, фосфора и калия, гумус, емкость поглощения, содержание карбонатов, рН) и анализ на механический состав выполнены в лаборатории Республиканской почвенно-агрохимической станции ГПИ «Кыргызгипрозем» при МСХ и М КР [2, с. 23; 5, с. 25; 8, (Т. V, VII)].

Результаты исследований и их обсуждения

Горные породы. Известно, что в земной коре ртуть преимущественно рассеяна, осаждается из горячих подземных вод, образуя ртутные руды, среднее содержание ртути в земной коре составляет – $8,3 \cdot 10^{-6} \%$, повышенное содержание ртути характерно для осадочных пород - $4 \cdot 10^{-5} \%$ (по массе) [13, с. 13]. Главным рудным минералом ртутных руд является киноварь – HgS, второстепенным – метациннабарит (β-сульфид Hg), самородная ртуть, ливингстонит (HgSb₄S₇), кордероит (Hg₃S₂Cl₂), тиманит (HgSe), колорадоит (HgTe) и др. [5, с. 29; 11, с. 191].

Ртутные руды развиты на территории Кыргызстана и Узбекистана, занимают центральную часть Центральной Азии ртутной провинции. Ртутное оруденение в Центральной Азии группируется в двух рудных поясах: Южно-Ферганском (Кыргызстан) и Зеравшано-Гиссарском (Узбекистан). В Южно-

Ферганском ртутно-сурьмяном поясе выделяются следующие основные промышленные типы ртутных месторождений: джаспероидный (Хайдарканское, Чаувайское), листовитовый и карбонатный (Адыр-Кооское, Курсалинское, Бирксу, Сымапское).

Известно, что ртутное оруденение часто ассоциирует с сурьмяным. Основные рудные минералы – киноварь, иногда метациннабарит, ливингстонит. При разработке различают руды ртутные, комплексные и ртутно-сурьмяно-флюоритовые. Сырьевой базой для Хайдарканского ртутного комбината являются разведанные месторождения Хайдарканское, Чаувайское и др. На протяжении последних десятилетий Хайдарканским комбинатом разрабатывались четыре ртутных месторождения, из которых в настоящее время эксплуатируется лишь одно. В таблице 1 представлены потенциально извлекаемые запасы этих месторождений. Однако доступность этих запасов ограничена, и их подготовка к промышленной разработке требует значительных инвестиций. На юге Кыргызстана находятся многочисленные месторождения ртутных руд с меньшими запасами, которые потенциально пригодны для разработки небольшими горнодобывающими компаниями.

Таблица 1.

Промышленно значимые месторождения ртути в Кыргызстане

Месторождение	Руда, т	Ртуть, т
Хайдаркан	7 287 000	10 844
Новое	2 464 000	5 346
Чаувай	313 000	875
Чонкой (Улуг-Тоо)	8 265 000	22 684

По данным государственного баланса полезных ископаемых Кыргызстана (по состоянию на 2010 г.), запасы, находящиеся в настоящее время на балансе Хайдарканского комбината (с учетом находящегося недалеко от Хайдаркана месторождения «Новое»), составляют 16,5 тыс. т. ртути, 108 тыс. т. сурьмы и 1 млн т. плавикового шпата. На первом этапе промышленной эксплуатации месторождения добыча велась открытым и частично подземным способами. Однако с 1970-х гг. в результате истощения приповерхностных запасов

основным источником руды стали шахты «Восточная», «Западная» и «Вспомогательная» [3, с. 52; 12, с. 67].

Почвенный покров. Для Южного Кыргызстана зональными почвенными типами являются туранские сероземы, горные коричневые почвы, горно-лесные темно-бурые почвы ореховых лесов. Сероземы Южного Кыргызстана содержат меньше гумуса и слабо обеспечены элементами питания растений. Темным сероземам Южной Киргизии свойственно скрытое оглинение почвенного профиля, и наблюдается некоторое утяжеление механического состава [3, с. 50; 7, с. 57–58; 9, с. 71].

Элементарные частицы в сероземах в значительной доле агрегированы и образуют более крупные механические комплексы. За счет уменьшения мелких фракций увеличивается содержание пылеватой фракции (0,05–0,01 мм) и особенно мелкого песка (0,25–0,05). Известно, что поглощение тяжелых металлов почвами зависит от реакции среды, а также высокие концентрации микроэлементов возникают в результате миграции. Состав и содержание микроэлементов изменяются в зависимости от механического состава и содержания органических веществ [7, с. 112; 9, с. 73].

Известно, что ртуть является легко летучим элементом и обнаруживает высокую геохимическую подвижность в различных природных процессах, а также токсичность ртути зависит от вида ее химических соединений. Химическое и биохимическое метилирование ртути приводит к образованию ртутьорганических соединений, которые играют важную роль в цикле ртути в окружающей среде. Содержание ртути (валовое) $> 0,1$ мг/кг с высоким содержанием гумуса (5–8 %) создает благоприятные условия для устойчивой сорбции и метилирования ртути. Метилированная ртуть характеризуется высокой биоусвояемостью и токсичностью [1, с. 37–38; 6, с. 181].

Фоновые уровни ртути в почве оцениваются приблизительно в 0,1 мг/кг, превышение этой величины, рассматривается как загрязнение. Более высокие концентрации установлены в осадочных породах, глинистых сланцах и особенно в сланцах, богатых органическим веществом. В песчаниках и карбонатных породах кларк ртути по А.А. Беусу равен 0,074 и 0,45 мг/кг;

в осадочных породах по Х. Боуэну равен 0,19 мг/кг, по А.П. Виноградову 0,083 мг/кг в земной коре. Предельно допустимая концентрация в почве равна 2,1 мг/кг [6, с. 180–183; 13, с. 13].

По данным В.В. Ермакова (1991), концентрации ртути в почвах Айдаркена колебались от 0,110 до 24,050 мг/кг, в отвалах от 29,380 до 297,750 мг/кг [5, с. 30], а по данным Б.М. Дженбаева, от 0,042 до 34,837 мг/кг сухого вещества [3, с. 52-54].

Нами на исследуемой территории определены следующие типы почв: в 1, 2, 3, 4, 5 точках сероземы туранские темные, а в 6, 7, 8 точках – горные коричневые сухостепные (рис. 1). Среда почвы щелочная рН = 8,00–8,45. Высота над уровнем моря колебалась от 1684 м до 2078 м.



Рисунок 1. Карта отбора проб почв и растений ртутной провинции Айдаркен

1–хвостохранилище; 2–верхняя часть хвостохранилища; 3–нижняя часть хвостохранилища; 4–нижняя часть хвостохранилища; 5–территория металлургического завода, от дороги 20 м; 6– от металлургического завода 1 км, от дороги 100 м; 7– граница Айдаркен, от дороги 100 м; 8–перевал Айдаркен, от дороги 100 м.

Результаты почвенно-агрохимического анализа почв представлены на рис. 2. Анализ исследования показывает, что содержание гумуса варьирует в пределах 1,46–4,58 %, низкая концентрация – в точке № 1 (1,46 %). Содержание общего азота пониженное, что варьирует в пределах 0,070–0,125 %. Содержание валового фосфора 0,120–0,170 %, что во всех случаях меньше характерного значения для изучаемых почв. Валовое содержание калия очень низкое в сероземах (точки № 1, 4, 5) – 0,66–0,90 %. Карбонаты на верхнем слое почвы равны 5,28–12,3, особенно повышены в районе хвостохранилища и металлургического комбината.

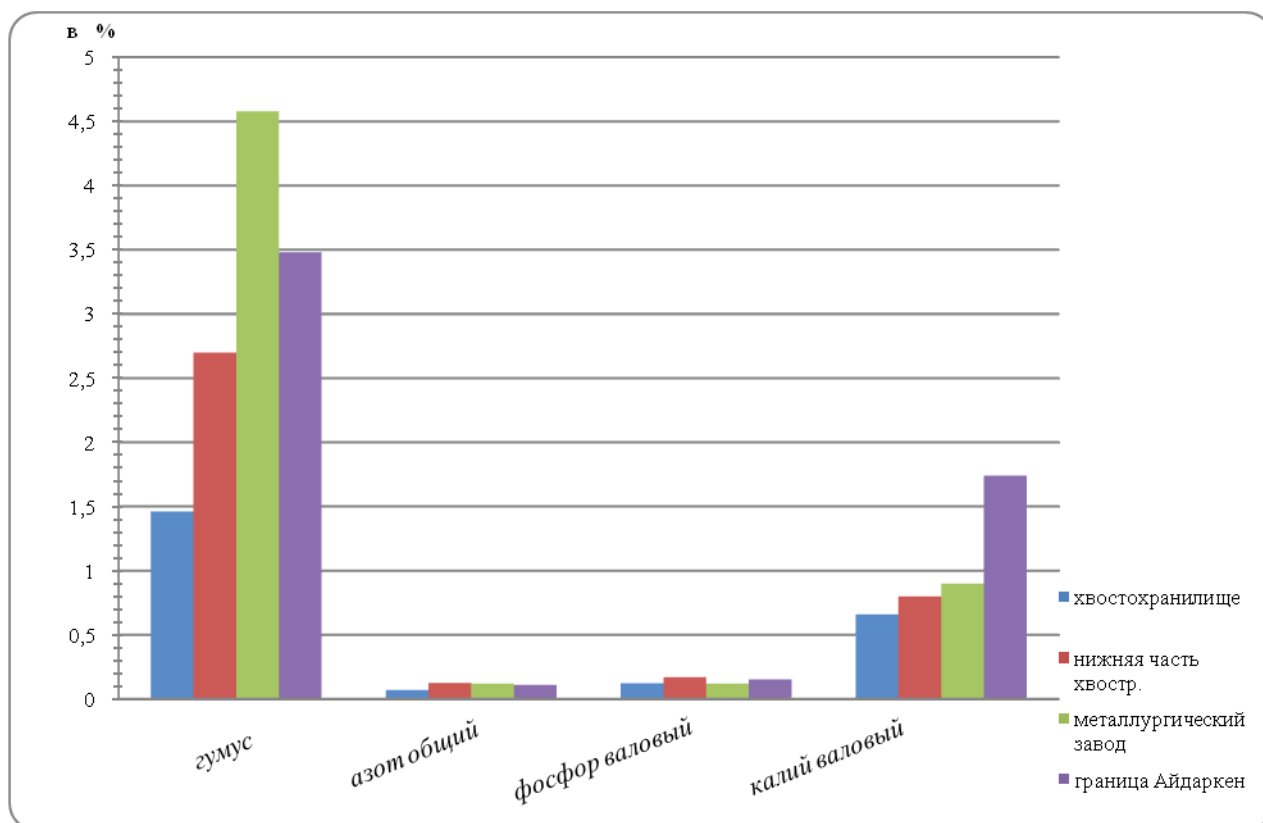


Рисунок 2. Почвенно-агрохимические показатели почв ртутной техногенной провинции Айдаркен

Как видно из табл. 2, почвы по механическому составу в точке № 1 супесчаные, в точках № 4, 5 легкосуглинистые, в точке № 8 тяжелосуглинистые. Лессовидная фракция (0,05–0,01) преобладает над всеми другими фракциями. Количество лессовидных частиц достигает от 30,36 % до 45,84 %. Физической глины (точки № 1, 4, 5) в микроагрегатном составе меньше, чем в механическом.

Таблица 2.

Механический состав почв ртутной техногенной провинции Айдаркен

№	Место отбора проб	Содержание фракций % (размер частиц мм)						Сумма частиц <0,01
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
1	Хвостохранилище	30,63	21,37	30,36	1,68	7,96	8,00	17,64
2	Нижняя часть хвостохранилища	3,83	30,21	40,00	5,00	11,08	9,88	25,96
3	Металлургический комбинат, от дороги 20 м	10,14	35,94	26,96	5,92	11,28	9,76	26,96
4	Перевал Айдаркен, от дороги 100 м	0,41	2,39	45,84	11,36	19,72	20,28	51,36

Спектральным анализом проанализировано 15 микроэлементов почвенного покрова (0–20 см). По результатам видно (табл. 3), что на территории хвостохранилища (точка № 1) марганца в 2,8–5,6 раз меньше кларка земной коры, свинца в 6 раз больше ПДК, самый высокий показатель у сурьмы (4000 мг/кг), что в 888 раз больше ПДК, и в остальных точках (от 120 до 500 мг/кг) от 26 до 110 раз выше ПДК. В районе металлургического завода (точка № 5) свинца в 2,5 раз больше кларка земной коры, сурьмы (500 мг/кг) в 110 раз больше ПДК. В контрольной зоне (точка № 8) содержание микроэлементов меньше или в пределах кларка.

Таким образом, во всех точках максимальную концентрацию в верхнем слое почвенного покрова имеет сурьма, поскольку в данной ртутной провинции сурьма является основным сопутствующим элементом, поэтому геохимики называют данную провинцию ртутно-сурьмяной.

Таблица 3.

Результаты спектрального анализа почвенного покрова Айдаркенской ртутной провинции (мг/кг)

№	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr	Cu	Pb	Sb	Zn	Sn	Y	Sr	Ba
1	200	30	5	3000	50	40	40	70	200	4000	120	7	15	300	400
2	150	20	3	3000	40	50	50	30	50	500	-	1,5	15	300	500
3	300	20	3	3000	20	120	50	40	15	300	-	1,5	-	200	300
4	900	90	20	4000	50	30	120	50	4	-	30	-	30	400	400
5	900	20	-	4000	40	70	90	50	40	500	50	3	15	300	400
6	900	50	30	4000	50	50	120	70	30	400	50	3	40	400	500
7	900	50	15	4000	40	70	90	50	20	200	50	2	40	300	400
8	900	70	20	4000	40	70	120	40	12	120	-	2	40	400	400
кларк	1000	58	18	4500	90	83	170	47	16	0,5	83	2,5	29	340	650

По результатам исследований видно (рис. 3), что в точке №1 (хвостохранилище) содержание ртути (2013) в 10 раз больше ПДК, а в 2014 году – в 2 раза больше ПДК (в весенний период меньше по сравнению с летним). В точке № 2 в 2013–2014 гг. показатели ртути одинаковы, в 2 раза больше ПДК. В точке № 3 в 1,6 раза (2013) выше ПДК. В точке № 5 (территория металлургического завода) в 14,5 раз (2013) и 14 раз (2014) больше ПДК. В точке № 6 в 1,8 раза (2013–2014), в точке № 7 в 1,5 раза (2013) больше ПДК, а в 2014 г. в пределах ПДК, в точке № 8 ртуть в пределах ПДК (2013–2014). Наиболее высокие концентрации ртути установлены нами в районе горнорудного комбината, по сравнению с другими участками значения выше более 10 раз.

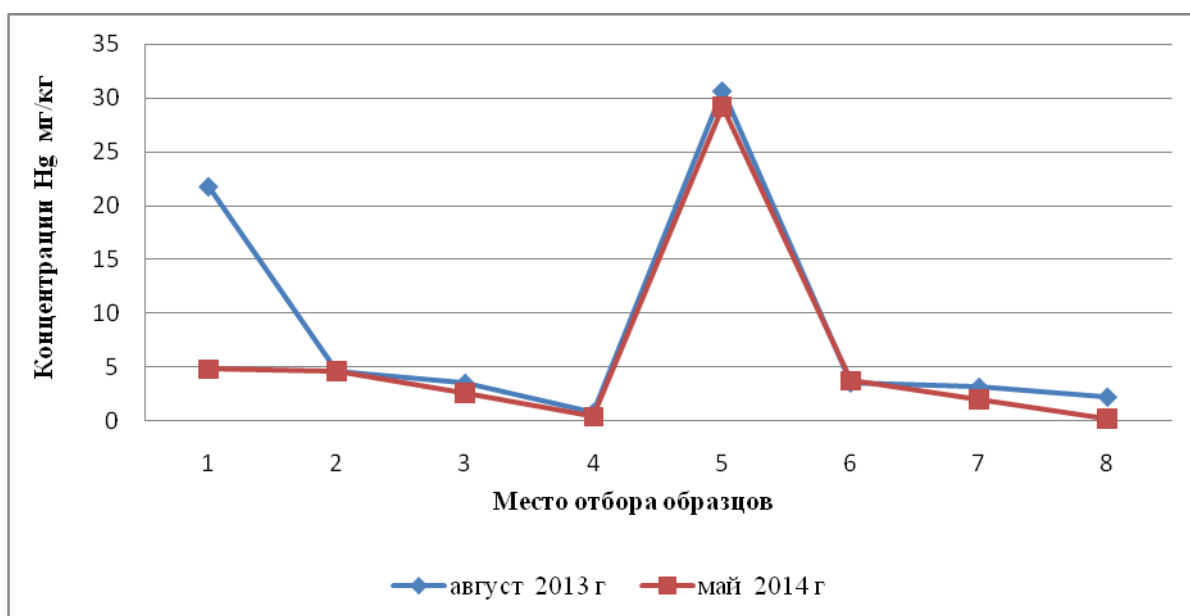


Рис. 3. Среднее содержание ртути в почвенном покрове ртутной провинции Айдаркен (мг/кг)

1–хвостохранилище; 2–верхняя часть хвостохранилища; 3–нижняя часть хвостохранилища; 4–нижняя часть хвостохранилища; 5–территория металлургического завода, от дороги 20 м; 6–от металлургического завода 1 км, от дороги 100 м; 7– граница Айдаркен, от дороги 100 м; 8–перевал Айдаркен, от дороги 100 м

Растительный покров. В наземной растительности среднее содержание ртути равно 0,015 мг/кг сухой массы, фоновые содержания ртути составляют 1–100 мкг/кг сухой массы [6, с. 189], максимально допустимый уровень

в кормах – 0,1 мг/кг, по данным В.В. Ермакова, равен 0,058 мг/кг [13, с. 159]. По литературным данным, естественный уровень ртути в травах и кормовых бобовых культурах не превышает 100 мкг/кг сухой массы [6, с. 188]. По данным Б.М. Дженбаева, концентрация ртути в надземных частях растений в данной провинции колебалась от 0,1 до 7,879 мг/кг сухого вещества [3, с. 52–55].

Главный источник микроэлементов для растений – это их питательная среда. Токсичность стронция для растений составляет 30 мг/кг золы. Фоновые уровни содержания свинца в среднем для трав 2,1 мг/кг. Уровень содержания титана в пределах 0,15-80 мг/кг сухой массы. Содержание хрома обычно составляет 0,02–0,20 мг/кг сухой массы. Среднее содержание сурьмы в наземных растениях оценивается в 0,06 мг/кг [6, с. 147, 242, 248, 290, 263]. Результаты анализа микроэлементов в укосах растений исследуемого региона нами приведены в табл. 4.

Таблица 4.

***Результаты анализа укосов растений
Айдаркенской ртутной провинции (мг/кг)***

№	Mn	Ni	Mo	Ti	V	Cr	Zr	Cu	Pb	Sb	Zn	P	Be	Sr	Ba
1	33	1,16	0,17	166	2,5	1,66	0,2	5,81	0,41	7,5	2,5	747	0,16	41,5	25
2	43	4,35	0,44	384	3,5	4,35	3,5	6,09	3,48	26,	4,4	783	0,34	60,9	35
3	50,	1,21	0,3	20	-	3,03	2	5,05	0,51	-	3	940	0,20	70,7	30
4	310	10,8	0,78	620	7,8	10,8	18,	7,75	3,1	7,8	6,2	940	-	23,2	62
5	5,7	2,32	0,58	348	3,5	2,32	4,6	5,8	2,26	8,7	8,1	940	0,34	10,4	35
6	67,	1,92	0,38	288	3,8	2,88	4,8	8,64	1,92	11,	8,6	672	0,38	86,0	29
7	45,	4,52	0,57	339	4,5	4,52	6,7	10,1	3,39	2,8	7,9	791	0,45	33,9	34
8	63	2,7	0,45	270	2,7	2,7	4,5	6,3	2,7	4,5	8,1	810	0,27	270	27

Как видно из таблицы 4, свинец в точках № 2, 4, 7 больше фонового уровня, самый высокий показатель стронция (270 мг/кг) в точке № 8.

Нами также проводился биогеохимический анализ наземных растений по отдельным видам (табл. 5).

Таблица 5.

**Среднее содержание ртути в надземной части растений за летний период
2013 г. ртутной провинции Айдаркен (мг/кг сух. вещ.)**

№	Место отбора образцов	Виды растений	Hg мг/кг
1	Хвостохранилище	Эфедра хвощевая (<i>Ephedra equisetina Bunge</i>) Хондрилла (<i>Chondrilla sp</i>)	0,022±0,005 0,220 ± 0,057
2	Верхняя часть хвостохранилища	Василек растопыренный (<i>Centaurea squarrosa Willd</i>) Хондрилла (<i>Chondrilla sp</i>) Полынь (<i>Artemisia sp</i>)	0,078±0,020 0,043 ± 0,011 0,175 ± 0,045
3	Нижняя часть хвостохранилища	Донник лекарственный (<i>Melilotus officinalis</i>) Мордовник самаркандский (<i>Echinops maracandicus</i>) Василек иберийский (<i>Centaurea iberica Trev</i>)	0,032 ± 0,008 0,015 ± 0,004 0,014 ± 0,003
4	Нижняя часть хвостохранилища	Мята азиатская (<i>Mentha asiatica</i>) Клевер земляничный (<i>Trifolium fragiferum</i>) Полынь (<i>Artemisia sp</i>) Водоросль (<i>Algae</i>)	0,145 ± 0,037 0,057 ± 0,014 0,083 ± 0,021 0,601 ± 0,156
5	Металлургический завод, от дороги 20 м	Полынь (<i>Artemisia sp</i>)	0,745 ± 0,193
6	От металлургического завода 1 км, от дороги 100 м	Полынь (<i>Artemisia sp</i>)	0,261 ± 0,068
7	Граница Айдаркен, от дороги 100 м	Полынь (<i>Artemisia sp</i>)	0,211 ± 0,055
8	На перевале Айдаркен, от дороги 100 м	Василек растопыренный (<i>Centaurea squarrosa Willd</i>) Зизифора Бунге (<i>Ziziphora bungeana Lam</i>) Полынь (<i>Artemisia sp</i>)	0,079 ± 0,020 0,073±0,0190 0,029 ± 0,007

Содержание ртути в 2 видах растений неодинаково. Более высокое содержание ртути в *Chondrilla sp.* – $0,220 \pm 0,057$ мг/кг, что в 2,2 раза выше максимально допустимого уровня. Верхняя часть хвостохранилища – васильково-полынно-разнотравная ассоциация. Содержание ртути в растениях распределялось следующим образом: *Artemisia sp* ($0,175 \pm 0,045$ мг/кг) > *Centaurea squarrosa Willd* ($0,078 \pm 0,02$ мг/кг) > *Chondrilla sp* ($0,043 \pm 0,01$ мг/кг). Нижняя часть хвостохранилища – васильково-разнотравная ассоциация, и доминирует *Centaurea iberica Trev*. Из табл. 5 видно, что в 2 видах растений *Echinops maracandicus* и *Centaurea iberica Trev*

содержание ртути почти одинаково, в *Melilotus officinalis* в 2 раза выше. Рядом расположен отстойник – полынно-разнотравная ассоциация, и в отстойнике встречаются водоросли, содержание ртути – $0,601324 \pm 0,1563$ мг/кг. Этот показатель в 4–10 раз больше, чем у других видов растений в тех же условиях, и выше максимально допустимого уровня в 6 раз.

В районе металлургического комбината, от дороги 20 м, доминирует *Artemisia sp.* ($0,745 \pm 0,193$ мг/кг), содержание ртути в 7,4 раза больше допустимого уровня. Полынно-разнотравная ассоциация – содержание ртути в *Artemisia sp.* ($0,261 \pm 0,068$ мг/кг) в 2,6 раз выше допустимого уровня.

На границе Айдаркен полынно-злаково-разнотравная ассоциация – доминирует *Artemisia sp.* – $0,211 \pm 0,055$ мг/кг. Содержание ртути в 2,1 раз больше допустимого уровня, на перевале Айдаркен – васильково-полынно-злаковоразнотравная ассоциация, и в растениях *Centaurea squarrosa Willd* и *Ziziphora bungeana Lam* содержание ртути почти одинаково. С увеличением расстояния от загрязнённого участка содержание ртути уменьшается.

Заключение. Горнорудный комбинат и хвостохранилище являются основным источником загрязнения в данной провинции, оно происходит при переработке руды и технологическом процессе, а также из хвостов при климатическом изменении и др.

По результатам исследований следует отметить, что на всех исследованных участках ртутной провинции Айдаркен концентрации ртути в почвенно-растительном покрове больше по сравнению с фоновыми участками и ПДК, а их значения зависят от удаленности источника загрязнения, валовое содержание Р, К, $N_{\text{общ}}$ пониженное, особенно в районе хвостохранилища.

Повышенные концентрации ртути отмечаются в местах отбора проб, находящихся вблизи металлургического завода и хвостохранилища. Сурьма как основной сопутствующий элемент в данной ртутно-сурьмяной провинции на всех точках почвенного покрова выше ПДК, также установлены высокие концентрации отдельных тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn) в районе хвостохранилища.

В целом уровень ртути в растениях на участках № 1, 5, 6, 7, 9 превышает МДУ и ПДК, содержание в наземных растениях данной провинции превышает от 2 до 7,4 раз (*Artemisia sp.*), а также выявлены значительные межвидовые различия даже в пределах одного семейства (*Artemisia sp.* и *Centaurea squarrosa Willd.*). Концентрация ртути в растениях увеличивается в зависимости от загрязненности участка, на примере *Artemisia sp.* в следующем порядке – в районе металлургического завода > 1 км от металлургического завода > граница Айдаркен > на перевале Айдаркен. По сравнению с другими участками, в укосах растений отмечается наибольшее содержание стронция на перевале Айдаркен, что требует дополнительных исследований.

Список литературы:

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы. – Л.: Агропромиздат. 1987. – 142 с.
2. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 1. Ртуть. – Женева: ВОЗ. 1979. – 150 с.
3. Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземных организмов. – Бишкек: «Илим», 2009. – 242 с.
4. Дженбаев Б.М., Мурсалиев А.М. Экологическое состояние природной среды Южного Кыргызстана // Исследования живой природы Кыргызстана. – Бишкек, 1998. – Вып. 2. – С. 187–190.
5. Ермаков В.В., Летунова С.В., Алексеева С.А. и др. Геохимическая экология организмов в условиях Южно-Ферганского ртутного субрегиона биосферы // Тр. Биогеохимической лаб. АН СССР. – М.: Наука. 1991. – Т. 22. – С. 24–69.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / пер. с англ. – М.: Мир. 1989. – 439 с.
7. Мамытов А.М. Почвы Киргизской ССР. – Фрунзе, 1974. – 420 с.
8. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. – Ташкент: ФАН, 1968–1993.
9. Ройченко Г. Почвы Южной Киргизии. – Фрунзе, 1960. – 234 с.

10. Руководство по эксплуатации. Спектрометр Атомно-Абсорбционный «МГА-915». – Санкт-Петербург, 2004. – 52 с.
11. Сауков А.А., Айдиньян Н.Х., Озерова Н.А. Очерки геохимии ртути. – М.: Наука, 1972. – 336 с.
12. Суеркулов Э.А. Геохимические поиски ртутных месторождений в Южной Фергане. – Фрунзе: Илим. 1979. – 158 с.
13. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. – М., 1992. – 206 с.

References:

1. Alekseev Iu.V. Heavy metals. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1987. 142 p. (In Russian).
2. Hygienic criterion of environmental condition 1. Mercury. Geneva, VOZ Publ., 1979. 150 p. (In Russian).
3. Dzhenbaev B.M. Geochemical ecology of terrestrial organisms. Bishkek, "Ilim" Publ., 2009. 242 p. (In Russian).
4. Dzhenbaev B.M., Mursaliev A.M. The ecological state of the environment in Southern Kyrgyzstan. *Issledovaniia zhivoi prirody Kyrgyzstana*. [Wildlife research of Kyrgyzstan], Bishkek, 1998, ed. 2, pp. 187–190 (In Russian).
5. Ermakov V.V., Letunova S.V., Alekseeva S.A. Geochemical ecology of organisms in the environment of the South Fergana of mercury sub biosphere. *Tr. Biogeoхимической lab. AN SSSR*. [Tr. Biogeochemical Laboratory of USSR Academy of Sciences], Moscow, Nauka Publ., 1991, vol. 22, pp. 24–69 (In Russian).
6. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Micro elements in soils and plants. Moscow, Mir Publ., 1989. 439 p. (In Russian).
7. Mamytov A.M. The soils of the Kirghiz SSR. Frunze, 1974. 420 p. (In Russian).
8. Determination of plants of Middle Asia. Critical summary of the flora. Tashkent, FAN Publ., 1968–1993. (In Russian).
9. Roichenko G. Soils of Southern Kyrgyzstan. Frunze, 1960. 234 p. (In Russian).

10. Manual of exploitation. Atomic absorption spectrometer "MGA-915". St. Petersburg, 2004, 52 p. (In Russian).
11. Saukov A.A., Aidin'ian N.Kh., Ozerova N.A. Outlines of geochemistry of mercury. Moscow, Nauka Publ., 1972. 336 p. (In Russian).
12. Suerkulov E.A. Geochemical exploration of mercury deposits in South Fergana. Frunze, Ilim Publ., 1979. 158 p. (In Russian).
13. Ianin E.P. Mercury in the environment of an industrial city. Moscow, 1992. 206 p. (In Russian).