

ний и опасному для здоровья населения обострению эпидемиологической обстановки. Вследствие загрязнения окружающей среды от свалок также возрастают риски возникновения раковых опухолей.

Захоронение твердых коммунальных отходов на полигонах является самым распространенным методом утилизации отходов на территории Российской Федерации.

Полигон для захоронения ТКО — это не обычная свалка, он оснащен современными инженерными сооружениями, позволяющими бороться с загрязнением грунта и подземных вод, изолировать все вредные вещества. Также это распространяется и на атмосферу, не допуская никаких химических и токсичных элементов в атмосферу, что является главной целью для обеспечения безопасности экологии страны.

Но данный метод захоронения также несет и существенные недостатки — такие как, например, образование газа в процессе гниения мусора. Некоторые полигоны твердых коммунальных отходов оснащены специальным оборудованием для откачки газа, который в дальнейшем на отдельных полигонах применяется для получения электроэнергии и позволяет практически автономно работать оборудованию, которое размещено на полигонах. Но проблема заключается в том, что в России лишь малая часть из всех подобных полигонов оснащена таким оборудованием, в то время как на большинстве остальных площадок для отходов отсутствует возможность бороться с выбросами опасного газа. Но даже с учетом наличия таких установок проблемы остаются. Одна из них — незащищенность от эффекта разложения мусора в почве и выделений в процессе гниения и ферментации, т.к. захороненный материал полностью исчезнет лишь через десятки, а то и сотни лет.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1) За последние 3 года на территории Российской Федерации образовалось более 2 млрд т твердых коммунальных отходов, большую часть из которых составляют отходы 4 и 5 класса опасности.

2) Около 60 % от этой массы отходов было утилизировано путем их захоронения, 35 % было сброшено на свалки и около 5 % утилизировано путем их сжигания. Таким образом, захоронение ТКО на полигонах и свалках является самым распространенным способом по утилизации на территории Российской Федерации.

3) 95 % всех твердых коммунальных отходов хранится без дальнейшего применения, занимая значительный объем территории, оказывая неблагоприятное воздействие на окружающую среду путем проникновения токсических веществ в подземные источники, загрязнения почвы опасными органическими и неорганическими соединениями, выбросов в атмосферу газов, способствующих развитию парникового эффекта и т.д. Наиболее неблагоприятное воздействие на окружающую среду оказывают полигоны для захоронения отходов и свалки.

4) Совершенствуется законодательная база по данной проблеме. Так, 25 декабря 2018 г. Президентом

Российской Федерации был подписан Федеральный закон «О внесении изменений в статью 291 Федерального закона «Об отходах производства и потребления». Обновленный закон позволяет субъектам РФ постепенно перейти на новые правила обращения с твердыми коммунальными отходами. Существенный вклад в дело, направленное на снижение вредного воздействия на окружающую природную среду от утилизации твердых коммунальных отходов, вносят и такие перспективные экологические программы, как «Чистая страна» и «Экология».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский, Е.Э. Отходы, мусор, отбросы... / Е.Э. Боровский // Химия. — 2001. — № 10.
2. Гринин, А.С. Промышленные и бытовые отходы / А.С. Гринин, В.Н. Новиков. — М.: РГБ, 2002.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». — М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2019.
4. Рута Бендере. Управление твердыми бытовыми отходами / Рута Бендере. — Псков: NRJ, 2008.

© Слащева А.В., Смирнов И.Н., 2020

Слащева Анна Викторовна // anna\_slascheva@mail.ru  
Смирнов Игорь Николаевич // don5igor@yandex.ru

УДК: 502.1:504.054+614.8(470.57)

**Белан Л.Н.<sup>1,2</sup>, Никонов В.Н.<sup>1</sup>, Кутлиахметов А.Н.<sup>1</sup>, Фархутдинов И.М.<sup>2</sup>, Вольфсон И.Ф.<sup>3</sup>**  
**(1 — ООО «НИИ Безопасности жизнедеятельности» (ООО «НИИБЖД», Уфа), 2 — Башкирский государственный университет (БашГУ, Уфа), 3 — Российское геологическое общество)**

#### К ВОПРОСУ О РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЙ МИНАМАТСКОЙ КОНВЕНЦИИ ПО РТУТИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛЯХ

*Минаматская конвенция по ртути (The Minamata Convention on Mercury), разработанная под эгидой Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), — глобальное соглашение по защите здоровья людей и окружающей среды от негативного воздействия ртути была принята в 2013 г. Россия присоединилась к конвенции в 2014 г. Свое название документ получил в память жертв болезни Минамата, которую впервые диагностировали в 1956 г. у жителей Японии, проживавших по берегам одноименного залива. В него компания Chisso много лет сбрасывала ртутьсодержащие отходы, в результате чего супертоксикант по пищевым цепочкам накапливался в организме человека с тяжелыми последствиями для здоровья населения этого района. Состояние проблемы ртутного загрязнения в районах деятельности предприятий геологоразведки и добычи полезных ископаемых, создание ими условий для выполнения обязательств по реализации положений Конвенции практически не освещаются в периодических научных изданиях. Авторы*

данной статьи исходят из того, что проблема ртутного загрязнения окружающей среды в результате производственной геологической деятельности по-прежнему актуальна и требует постоянного внимания соответствующих природоохранных служб. Авторы статьи поставили задачу — показать состояние проблемы ртутного загрязнения в свете необходимости выполнения обязательств по реализации положений Конвенции на примере предприятий геологической и горнодобывающей отрасли Республики Башкортостан. **Ключевые слова:** Башкортостан, окружающая среда, золото, ртуть, амальгамация, техногенные грунты, отвалы вскрыши, донные отложения.

Belan L.N.<sup>1,2</sup>, Nikonov V.N.<sup>1</sup>, Kutliakhmetov A.N.<sup>1</sup>, Farkhutdinov I.M.<sup>2</sup>, Volfson I.F.<sup>3</sup> (1 — LLC «NIIBZHD», Ufa, Republic of Bashkortostan, 2 — Bashkir State University, Republic of Bashkortostan, Ufa, 3 — RosGeo)

#### ON THE IMPLEMENTATION OF THE MINAMATA CONVENTION ON MERCURY IN THE GEOLOGICAL AND MINING INDUSTRIES

*The Minamata Convention on Mercury, was developed under the auspices of the United Nations Environment Programme (UNEP) — is a global agreement to protect human health and the environment from the negative effects of mercury, and adopted in 2013. Russia joined the Convention in 2014. The document was named in the memory of the victims of Minamata disease, which was first diagnosed in 1956 in Japanese residents living in the area of the bay of the same name. Enterprize of Chisso Company dumped mercury-containing waste into water of the bay for many years, resulting in the supertoxicant accumulating in the human body along the food chain with severe consequences for the health of the population of this area. The state of the problem of mercury pollution in the areas of activity of enterprises of geological exploration and mining, creating conditions for them to fulfill their obligations to implement the provisions of the Convention, is practically not covered in periodic scientific publications. The authors of this article assume that the problem of mercury pollution of the environment as a result of industrial geological activities is still relevant and requires constant attention of the relevant environmental services. The authors set the task — to show the status of the problem of mercury contamination in the view of the need to meet obligations to implement the provisions of the Convention on the example of geological and mining industry of the Republic of Bashkortostan. **Keywords:** Republic of Bashkortostan, environment, gold, mercury, amalgamation, technogenic soil, waste pile, bottom sediments.*

#### Введение

В XX в. человечество нашло множество направлений применения ртути и ее соединений [9]. За последние десятилетия поставки ртути в мире колебались от 3,5 до 7,5 тыс. т в год, значительная часть которых в итоге оказалась в окружающей среде. Высокие концентрации ртути выявлены в настоящее время в отложениях дна глубочайшей в мире океанической струк-

туры — Марианской впадины. В организме человека ртуть накапливается преимущественно в почках, печени, селезенке, а также в волосах. Токсичность ртути обусловлена тем, что при вдыхании более 80 % ртутных паров она легко абсорбируется, что приводит к негативным эффектам, включая разрушение легких. В тканях живых организмов металлическая ртуть претерпевает процессы окисления, превращаясь в основном в соединения двухвалентной ртути. Выведение из организма осуществляется через желудочно-кишечный тракт, почками, потовыми и молочными железами, легкими [11].

При длительном воздействии низких концентраций (0,01–0,03 мг/м<sup>3</sup>) ртути на организм развивается микромеркуриализм. При этом наблюдается снижение работоспособности, быстрая утомляемость, повышенная возбудимость. Неорганическая ртуть плохо всасывается через кишечник при поступлении с пищей, но на 99 % абсорбируется в легких при вдыхании паров. Метилртутные соли типа CH<sub>3</sub>HgX в 100 тыс. раз более токсичны, чем неорганические соли ртути HgX<sub>2</sub>, что в некоторых случаях (Аргентина, Ирак, Япония) приводило к массовым нейротоксическим заболеваниям и гибели людей. Максимальной токсичностью (в миллион раз большей, чем метилртутные соли) обладает трудно обнаруживаемая в окружающей среде диметилртуть (CH<sub>3</sub>HgCH<sub>3</sub>), от отравления которой погибли не только химики, впервые синтезировавшие ее в 1865 г., но и некоторые из тех, кто контактировал с ней в наши дни.

Минаматская конвенция (*The Minamata Convention on Mercury*), разработанная под эгидой Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), — глобальное соглашение по защите здоровья людей и окружающей среды от негативного воздействия ртути — была принята 9 октября 2013 г. на конференции в Минамате (Япония) с участием более тысячи делегатов из 139 стран. Конвенция была открыта к подписанию в Кумамото (Япония) 11 октября 2013 г. Россия присоединилась к конвенции 24 сентября 2014 г.

Свое название документ получил в память жертв болезни «Минамата» — результат тяжелой интоксикации организма солями метилртути CH<sub>3</sub>HgX, которую впервые диагностировали в 1954 г. у 3000 жителей Японии, проживавших по берегам одноименного залива. Эти токсиканты образовывались в водах залива в результате сбрасывания в него компанией *Cisso*, производившей уксусную кислоту пропусканием ацетилена в воду и содержавшей в качестве катализатора сульфат ртути Hg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, который при взаимодействии с присутствующими в природных водах метилиодидом или метилкобаламином превращался в метилмеркурисульфат (CH<sub>3</sub>Hg)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Далее, по пищевым цепям, главным образом через морепродукты ртуть поступала в организм человека и домашних животных, оказывая тяжелый токсикологический эффект. Судебное разбирательство этого наиболее трагичного в истории Японии массового химического отравления людей продолжалось более 50 лет.

Первой страной, подписавшей Минаматскую конвенцию, стала Япония. Цель конвенции — защита здоровья людей и окружающей среды от вредного воздействия ртути. Документ предусматривает поэтапный отказ от использования ртути. Согласно данному документу к 2020 г. предусмотрено сокращение экспорта, импорта и производства целого спектра ртутьсодержащих продуктов, вводятся ограничения в отношении ряда процессов и отраслей промышленности, где используется, высвобождается или излучается ртуть (горнодобывающая промышленность, в том числе непромышленная добыча золота и производство цемента входят в этот перечень).

Важным аспектом Минаматской конвенции являются проблемы экономик отсталых и развивающихся стран, располагающих значительными минерально-сырьевыми ресурсами. Эти проблемы приводят к жесткому социальному расслоению и толкают население к добыче полезных ископаемых нелегальными способами, наносящими огромный вред окружающей среде и здоровью человека (например, добыча и извлечение золота амальгамированием в Амазонии, в Нигерии и ряде других стран).

При переходе на рыночные условия хозяйствования, предприятия геологоразведки и горной добычи активно акционируются. Очевидно, что приватизация важна в решении вопросов экономического развития. Она несет в себе не только интенсификацию и рост промышленного производства, но и улучшение условий труда и быта работников, что доказано многочисленными успешными примерами внедрения прогрессивных в плане организации разведки, добычи и переработки минерального сырья предприятиями современной России. Однако успехи приватизации в отрасли позволяют скрывать накапливаемые годами экологические проблемы, не столь широко освещаемые в научной печати, о которых общественность узнает из социальных сетей. Последние катастрофические события, связанные с разрушением дамбы хвостохранилища и гибелью людей на объекте россыпной золотодобычи в Красноярском крае, загрязнением водного бассейна Таймыра в результате аварии на хранилище нефтепродуктов в Норильске свидетельствуют о необходимости возвращения к строжайшему контролю выполнения российского и международного экологического законодательства предприятиями геологоразведочного, добычного и перерабатывающего комплексов всех видов собственности. В дан-

ном контексте научно и методически обоснованная реализация положений Минаматской конвенции по ртути должна стать тем самым «оселком», по которому выверяются пути наведения порядка в экологической сфере геологической и горнодобывающей отраслей.

Положение дел в части загрязнения окружающей среды ртутью естественного и техногенного происхождения в результате разработки месторождений золота и полиметаллов и возможности преодоления последствий воздействия ртутьсодержащих руд и отходов на экологию и здоровье человека авторы предлагают рассмотреть на примере объектов Башкортостана.

#### **Геологические и минералого-геохимические особенности ртутьсодержащих вмещающих пород и руд Башкирского Зауралья**

Для золотых и медно-цинковых месторождений Башкирского Зауралья с существенной массовой долей сульфидов характерны природные ртутные аномалии [5]. При гипергенном преобразовании сульфидных руд происходит концентрация ртути в продуктах зон окисления.

В золотосодержащих рудах зоны окисления медно-колчеданных руд Учалинского месторождения, разрабатывавшихся в 1940–1955 гг., ртуть присутствовала в форме вкрапленности киновари, самородной ртути, колорадоита. В период разработки этих руд ртуть извлекалась попутно с золотом [4, 5]. Известны наблюдения об образовании пленок самородной ртути на поверхности рудной залежи, особенно после проведения взрывных работ. Видимо при этом происходил самопроизвольный «металлургический предел» ртутных минералов. Вещественный обмен между богатыми рудами и корой выветривания привел к обогащению боковых пород ртутью на расстояние 300–400 м от рудной залежи. Впоследствии эти породы оказались складированными в отвале вскрыши, где подвергаются дренажу кислыми подотвальными водами (рис. 1).



**Рис. 1. Отвал вскрыши Учалинского месторождения, сложенный забалансовыми окисленными рудами и породами**





Рис. 2. Облик ртутьсодержащих отвалов вскрыши месторождения Бакр-Узяк

В зоне окисления Сибайского месторождения ртуть присутствовала в виде метациннабарита и амальгамы золота [1]. Значительный объем таких окисленных руд, забалансовых по золоту, также складирован в отвале вскрыши. На подготовленном к разработке золотом месторождении Муртыкты в Учалинском районе на выходах рудных тел на поверхность газортутной съемкой выявлены высококонтрастные аномалии ртути.

В золотосодержащих окисленных рудах Западно-Озерного медноколчеданного месторождения содержание ртути достигало 80–120 г/т [8]. В настоящее время бедные золотосодержащие окисленные руды (несомненно, также ртутьсодержащие) складированы в отвале вскрыши сульфидных руд в непосредственной близости от ближайшего озера.

Наличие ртути издавна известно в зоне окисления месторождения меди Дергамыш в Хайбуллинском районе (Дергамыш — преобразованное башкирское слово «Терекмыш» — «живое серебро», т.е. ртуть).

На месторождении Бакр-Узяк в разные годы карьером и шахтами обрабатывались окисленные и сульфидные золотомедные руды. Известно, что ртуть в рудах и околорудных породах этого месторождения присутствует в виде метациннабарита и амальгамы золота [1]. Количественный анализ в отвалах вскрыши (рис. 2) и бортах карьера отработки показал, что концентрация ртути в целом очень высокая и превышает фон в десятки, сотни и тысячи раз. В отдельных пробах из отвала вскрыши и бортов карьера содержание ртути достигает 0,3–0,5 %, что в 1,5–2,5 млн раз превышает ПДК для почв (2 мкг/кг).

Повышенные содержания ртути присущи и первичным сульфидным рудам данных месторождений, по-

скольку ртуть — типичный халькофильный элемент, являющийся типоморфным спутником золотого и полиметаллического оруденения на Южном Урале [3, 10]. Содержание ртути в колчеданных рудах Учалинского месторождения достигает величины 0,08 %, Новоучалинского месторождения — 0,009 %, Узельгинского — 0,056 %. В массивных сульфидных рудах Сибайского месторождения среднее содержание ртути 11,2 г/т. Е.Ф. Емлинным выведен условный «уральский» кларк для околорудных ореолов колчеданных месторождений, где содержание ртути составляет 0,03 г/т [6, 7].

Основными минералами-концентрами ртути в первичных сульфидных рудах являются блеклая руда (содержание ртути до 3 масс. %) и темноокрашенные разновидности сфалерита (ртути 0,5–1,5 масс. %).

Высокие содержания ртути в рудах медноколчеданных месторождений Учалинского района обуславливают и ее значительные содержания в продуктах переработки руд: медном концентрате — 28–41 г/т, цинковом — 76–123 г/т, пиритном — 5–15 г/т, хвостах флотационного обогащения — 1–9 г/т. В цинковом концентрате обогатительных фабрик Южного Урала содержания ртути столь высоки, что рассматривалась возможность ее рентабельного получения в процессе металлургического передела в качестве сопутствующего цинку полезного компонента [1].

В ходе разработки месторождений ртуть вместе с другими тяжелыми металлами вовлекается в техногенную геохимическую миграцию. Основным агентом миграции этих металлов являются кислые подотвальные, карьерные и шахтные воды. Наивысшие в Башкирском Зауралье концентрации ртути и других тяжелых металлов установлены в 1996 г. в шахтных водах Октябрьского медноколчеданного месторождения, имеющих рН 3–3,5. Их микроэлементный состав приведен в таблице.

Обращает внимание очень высокое содержание в рудничных водах тяжелых металлов, и, что особенно опасно — ртути и кадмия.

Таким образом, ртуть образует интенсивные геохимические ореолы в рудах, околорудных породах, продуктах их выветривания и почвах. То же относится и к отвалам руд на месторождениях таких типов.

Обогащенность массивных сульфидных руд и сульфидизированных метасоматитов (прожилково-вкрапленных руд) ртутью позволяет использовать данные

## Содержание тяжелых металлов в шахтных водах Октябрьского месторождения

Компонент	Содержание, мг/л	ПДК по СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода, мг/л	Кратное превышение ПДК
Ртуть	0,47–0,69	0,0005	940–1380
Кадмий	7,36–7,64	0,001	7360–7640
Медь	8917–26641	1,0	8917–26641
Цинк	185,6–262,6	5,0	37–53
Свинец	42,87–156,8	0,3	143–523
Марганец	3,67–27,6	0,1	37–276
Хром	0,205–0,372	0,05	4–7

газортутной съемки для картирования обогащенных металлами рудных тел в недрах и участков в отвалах вскрыши месторождений.

Коснемся также такого мало изученного аспекта, как ртутные эманаии отвалов вскрыши рудников по отработке колчеданных руд в Башкирском Зауралье. Известно, что источник загрязнения атмосферного воздуха близ отвалов вскрыши — выдувание с поверхности отвалов минеральной пыли. Обилие в отвалах колчеданных месторождений сыпучих окисляемых агрегатов пирита и других сульфидов определяет образование самородной серы и наличие в воздухе явного запаха сернистого газа. Эти факты хорошо известны. Наличие же ртути в испарениях с отвалов до недавнего времени внимания не уделялось.

Масштабы отвалов вскрыши медноколчеданных месторождений Учалинского, Сибайского и вновь формируемого отвала месторождения Юбилейное весьма значительны. Их суммарный объем превышает 1 млрд т. В силу ртутности руд и пород Сибайского и Учалинского месторождений масштаб ртутного «дыхания» их отвалов следует ожидать как значительный. Отвалы вскрыши Сибайского и Учалинского месторождений расположены в селитебной зоне городов Сибай и Учалы. На наш взгляд, необходима постановка специальных исследований по этому вопросу.

Рудные поля и узлы в Башкирском Зауралье выделяются аномальными концентрациями ртути. Это проявляется в наличии значительных по площади литогеохимических аномалий ртути, выявленных по потокам рассеяния в донных отложениях водотоков. Такие аномалии зафиксированы НПО «Аэрогеология», в частности, в Тубинском, Сибайском, Семеновском рудных узлах. На природные аномалии в процессе добычи и переработки золотосодержащих руд накладываются техногенные аномалии, повышая тем самым содержание этого токсиканта в природных средах.

Наряду с важным значением газортутной съемки как метода количественной оценки накопленного экологического ущерба, имеет значение также и прикладной поисковый аспект такой съемки. Известна роль аномалий ртути как индикатора повышенных — вплоть до промышленных — содержаний меди, золота и других ценных металлов. Выявление таким методом

аномалий ртути в отвалах вскрыши, бортах карьеров способно в короткий срок и с минимальными затратами решить задачи их оценки как потенциальных техногенно-минеральных месторождений.

Вовлечение накопленных в отвалах и недоработанных в бортах карьеров руд ценных металлов в переработку не только существенно восполнило бы

убывающие запасы руды в недрах, но и заметно снизило бы загрязнение всех компонентов окружающей среды.

### Эколого-геохимическая характеристика территорий разведки и добычи ртутьсодержащих руд.

Отвалы вскрыши Сибайского и Учалинского месторождений расположены в селитебной зоне городов Сибай и Учалы. Сады и огороды жителей попадают в зону высокого и чрезвычайно высокого загрязнения воздуха и почвенного покрова, что сказывается на качестве выращиваемой сельхозпродукции. Например, в овощах и кормовых травах, выращиваемых близ Учалинского ГОКа, содержания Cu, Zn, Pb, Cd, Se превышают фоновые значения: Zn — в картофеле в 13, моркови — 24, свекле — 2 раза; Cu в перечисленных культурах — 1,4–2,2 раза, а ПДК — 1–7, 6–44 соответственно [2]. Очевидно, что избыток тяжелых металлов, поступающих по трофическим цепям в организм человека, может приводить к развитию заболеваний нервной системы, онкологическим заболеваниям, болезням ЖКТ и системы кровообращения. В то же время медицинские риски ртутного загрязнения в регионе слабо изучены.

Известен классический пример накопленного экологического ущерба окружающей среде — промышленная зона бывшей Семеновской золотоизвлекательной фабрики (СЗИФ), где на протяжении нескольких десятилетий осуществлялась переработка ртутьсодержащих окисленных руд золота цианированием. У 78 % рабочих СЗИФ, подвергавшихся воздействию комплекса токсических веществ (ртуть, цианиды и др.) в 1990-е годы, были выявлены значительные поражения здоровья в виде неврологического изменения мозговой гемодинамики, ухудшения вегетативной регуляции венозной части сосудистого русла с признаками затруднения венозного оттока. Геохимическая съемка промышленной зоны СЗИФ в 2013 г. выявила эпицентр ртутного загрязнения на руинах фабрики (превышение ПДК в тысячи и десятки тысяч раз), а также множество локальных очагов сверхнормативного накопления ртути на прилегающей территории.

А.Н. Кутлиахметовым в районах многолетней золотодобычи в Учалинском районе Башкортостана изучены содержания Hg в компонентах системы почва — растение — продукты питания — человек [8].

Сопряженное опробование почв и произрастающих на них растений — трав и овощей. Максимальные концентрации ртути 180–220 мкг/кг в травах установлены на наиболее загрязненных (575–630 мкг/кг) почвах непосредственно на эфельных отвалах в пос. Буйда. Травы, произрастающие на загрязненных ртутью почвах в местах золотодобычи и переработки золотых руд, содержат повышенные до опасного уровня концентрации Hg. Выпас скота на пастбищах с участками ртутного загрязнения и использование сена с территорий, включающих такие участки, может приводить к аномальному накоплению Hg в молоке и мясе животных.

Превышающие санитарно-гигиенические нормы содержания Hg в молоке в пос. Сафарово обусловлены выпасом скота на пастбищах, расположенных вблизи разрабатываемого Муртыктинского золоторудного месторождения, а также влияния потока паров Hg в атмосферном воздухе от промплощадки горно-обогатительного предприятия. Повышенные, близкие к СГН, содержания Hg в молоке в пос. Ахуново, по-видимому, обусловлены аналогичными причинами — влиянием ртутного загрязнения пос. Буйда и потоков Hg в отложениях р. Буйды и Зириклы.

#### **Обсуждение имеющихся результатов**

Актуальность охраны окружающей среды от загрязнения ртутью в Республике Башкортостан не вызывает сомнения как с медико-биологической и гигиенической, так и с эколого-социальной точек зрения. Обладая высокой устойчивостью во внешней среде, летучестью, способностью к биоаккумуляции, ртуть и ее соединения представляют реальную угрозу загрязнению биосферы.

Ртуть является типичным компонентом руд, оксидных изменений пород, отходов горно-обогатительного производства в Башкирском Зауралье, где выявлен феномен «ртутного дыхания» крупнообъемных отвалов вскрыши месторождений колчеданных руд и хвостохранилищ обогатительных фабрик. В золотоносных восточных районах Республики Башкортостан ртуть многие десятилетия применялась как технологический реагент при амальгамации рудного и россыпного золота. Накопление ртути характерно в кеках цианирования и хвостах флотации золотых и полиметаллических руд.

Будучи активным мигрантом, ртуть способна накапливаться во всех компонентах окружающей природной среды, в организме человека, в биологических тканях домашних животных.

Основываясь на сказанном выше, с учетом необходимости реализации положений Минаматской конвенции в России, авторы делают вывод о необходимости разработки научно-методических основ мониторинга воздействия ртути на окружающую среду, биоты и человека, и предлагают осуществить данную работу в рамках проекта исследовательских работ по оценке воздействия ртути на окружающую среду в старейшем золотодобывающем районе Башкортостана — Учалинском. Далее приводится план работы по проекту.

#### **Проект научно-исследовательских работ по оценке воздействия ртути на окружающую среду в старейших золотодобывающих районах Республики Башкортостан — Учалинском и Баймакском**

*Цель проекта — изучить основные особенности накопления ртути в минеральном сырье и отходах горнодобывающего производства в регионе.*

#### *Задачи исследовательской работы:*

1. Изучить минералого-геохимические особенности вмещающих ртутьсодержащих пород и руд на месторождениях сульфидных и окисленных руд, определить основные минералы-концентраторы ртути.

2. Установить основные пути миграции ртути в окружающую среду.

3. Дать количественную оценку содержания ртути в компонентах окружающей природной среды, организмах домашних животных и человека.

4. Дать научно обоснованную оценку медицинских рисков накопления ртути в окружающей природной и антропогенной среде.

#### **Последовательность решения задач**

В процессе работы предлагается:

1. Изучить опубликованные литературные источники по данной проблеме.

2. Изучить и проанализировать концентрации изотопов ртути TlHg и MeHg в образцах волос жителей района и оценить риски здоровью людей от воздействия Hg.

3. В сочетании с характеристиками изотопов Hg в рыбе из близрасположенных к объектам горной добычи водоемах и в овощах из крестьянских и фермерских хозяйств определить и статистически подтвердить источники воздействия MeHg на биоту и человека и оценить вклад от воздействия MeHg на здоровье человека от употребления в пищу овощей — моркови, капусты, картофеля, кабачков, тыквы и рыбы, вылавливаемой в водоемах (преимущественно в замкнутых озерах района).

4. Провести газортутную (атмогеохимическую) съемку отвалов вскрыши, хвостохранилищ обогатительных фабрик и ненарушенной поверхности рудных месторождений.

5. Осуществить опробование донных осадков, почв, растений, поверхностных и подземных вод, биологических тканей домашних животных и человека в районах с установленным ртутным загрязнением, в том числе в нефтеносных районах.

6. Опробовать карбонатные накипи в водогрейных приборах в районах ртутного загрязнения и фоновых территорий, не загрязненных отходами горного производства.

7. Осуществить лабораторно-аналитические работы на ртуть и ее характерные спутники, в том числе токсичные (тяжелые металлы, мышьяк, литий, бериллий, уран, торий и др.) на прецизионном оборудовании (АСИЦ ВИМС, лаборатория Томского политехнического университета, НИИ безопасности жизнедеятельности, Уфа).

8. Собрать, проанализировать, обобщить медицинскую статистику по заболеваниям в ртутоносных и



районах Башкортостана с иной металлогенией, включая территории нефтегазоносности.

9. Изучить отечественный и мировой опыт демеркуризации техногенных образований в горнодобывающей и горно-обогачительной отрасли.

#### Ожидаемые результаты

Предполагается получить следующие результаты по итогам работ в рамках проекта:

— определены количественные оценки распределения ртути в природных и техногенных средах;

— установлены закономерности путей миграции ртути и условий ее накопления в организме человека;

— разработаны критерии медицинских рисков ртутного загрязнения и рекомендации по их оптимизации.

Полученные результаты будут способствовать созданию научно-методической основы мониторинга рисков от воздействия ртути на окружающую среду и здоровье населения. Опыт и результаты работ по проекту предполагается распространить в виде методических рекомендаций на объектах золотодобычи, разведки и добычи полиметаллических руд и углеводородного сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов, Р.Ф. Геохимия и формирование подземных вод Южного Урала / Р.Ф. Абдрахманов, В.Г. Попов. — Уфа: Гилем, 2010. — 418 с.
2. Белан, Л.Н. Геоэкологические основы природно-техногенных экосистем горнорудных районов Башкортостана / Л.Н. Белан: Автореферат дисс... д. геол.-мин. наук. — М.: РИС ВИМСа, 2007.
3. Буриков, Е.В. Ртуть в медноколчеданных месторождениях / Е.В. Буриков, А.М. Сечевица // Разведка и охрана недр. — 1976. — № 9. — С. 7–9.
4. Геология СССР. Т. XIII, ч. 2. — М.: Недра, 1966. — 582 с.
5. Гинзбург, И.И. Типы древних кор выветривания, формы их проявления и классификация / И.И. Гинзбург / Кора выветривания. Т. 6. — М.: Недра, 1963. — 128 с.
6. Емлин, Э.Ф. Оценка геохимического рассеяния рудных элементов при промышленном освоении колчеданных месторождений: методические рекомендации / Э.Ф. Емлин. — Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1983. — 43 с.
7. Емлин, Э.Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала / Э.Ф. Емлин. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1991. — 255 с.
8. Кутлиахметов, А.Н. Ртутное загрязнение ландшафтов горнорудными предприятиями Башкирского Зауралья / А.Н. Кутлиахметов: Автореф. дисс... канд. геогр. наук. — Екатеринбург, 2002. — 25 с.
9. Печенкин, И.Г. У истоков медицинской геологии: ртуть и ее соединения / И.Г. Печенкин, И.Ф. Вольфсон, Е.В. Кремкова. Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы Международного симпозиума (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). — М.: ГЕОХИ РАН, 2010. — С. 66–71.
10. Пшеничный, Г.Н. Минералого-геохимическая зональность руд Учалинского колчеданного месторождения / Г.Н. Пшеничный // Вопросы геологии, минералогии. — Уфа: БНЦ УрО РАН, 1992. — С. 3–13.
11. Шувалова, Е.А. Четыре химических формы ртути в окружающей среде и живых организмах / Е.А. Шувалова. [http://www.chem.msu.ru/rus/ecology\\_2019/shuvalova.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/ecology_2019/shuvalova.pdf)

© Коллектив авторов, 2020

Белан Лариса Николаевна // belan77767@mail.ru  
 Никонов Владимир Николаевич // nikon-ufa@mail.ru  
 Кутлиахметов Азат Нуриахметович // azat56@yandex.ru  
 Фархутдинов Исхак Мансурович // iskhakgeo@gmail.com  
 Вольфсон Иосиф Файтелевич // mgeolog1955@mail.ru;  
 rosgeo@yandex.ru

Печенкин И.Г. (ФГБУ «ВИМС»)

### ЮЖНО-ФЕРГАНСКИЙ СУРЬМЯНО-РТУТНЫЙ ПОЯС: ИСТОРИЯ ОСВОЕНИЯ

*Южное горное обрамление Ферганской долины характеризуется многочисленными месторождениями и рудопроявлениями твердых полезных ископаемых. Изучение археологических материалов и литературных источников позволило установить историю освоения региона на протяжении веков. Руды месторождений, как правило, содержат токсичные элементы, попадающие при добыче и переработке в атмосферу, воду и почву. **Ключевые слова:** ртуть, сурьма, Кадамжай, Хайдаркан, экология.*

Pechenkin I.G. (VIMS)

### SOUTH FERGANA ANTIMONY-MERCURY BELT: HISTORY OF DEVELOPMENT

*The southern mountain frame of the Fergana Valley is characterized by numerous deposits and ore occurrences of solid minerals. The study of archaeological materials and literary sources made it possible to establish the history of the development of the region over the centuries. Ore deposits usually contain toxic elements that get into the atmosphere, water and soil during extraction and processing. **Keywords:** mercury, antimony, Kadamzhai, Khaidarkan, ecology.*

Средняя Азия была постоянным связующим звеном между Месопотамией и Ираном с одной стороны, Китаем и Индией — с другой. Цветущие оазисы Ферганской долины и ее горного обрамления — настоящая природная жемчужина этого края. Однако богатства недр этого благодатного уголка природы и их безжалостная эксплуатация на протяжении веков в наше время привела к катастрофическим экологическим последствиям [1].

С VI в. до н. э. здесь разворачиваются крупнейшие исторические события, и территория Ферганской долины постоянно переходила из рук в руки разных завоевателей. За Аму-Дарьей, по преданию, кончает свою жизнь основатель персидского могущества Кир. Александр Македонский значительную часть времени проводит на территории Средней Азии. Он основал Александрию Дальнюю — самую восточную точку его походов в поисках края света. В III до н. э. в Бактрии возникает греко-бактрийское эллинистическое государство, в котором смешиваются влияния Греции и Индии. Одновременно формируется парфянское государство, подчиняющее Иран и Месопотамию до границ Римской империи. В конце II в. до н. э. к среднеазиатским областям через Фергану прокладывает себе дорогу Китай, совершивший своего рода открытие Запада. Уже в эти далекие времена в регионе интенсивно развивался горный промысел [3].