

РТУТЬ В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Мустафин С.К.¹, Анисимова Г.С.², Трифонов А.Н.³, Стручков К.К.⁴

¹Башкирский государственный университет,
г. Уфа, Российская Федерация,

²Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,
г. Якутск, Российская Федерация,

³Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина,
г. Пушкин, Российская Федерация,

⁴Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск, Российская Федерация
sabir.mustafin@yandex.ru

Приводится краткая характеристика уровней ртутного загрязнения минерального сырья, продуктов его обогащения различных горнорудных предприятий Российской Федерации (РФ). Оценена миграция ртути (Hg) в системе минеральное сырьё – переработка руд – отходы обогащения – компоненты окружающей среды – сельскохозяйственная продукция – организм человека.

Ключевые слова: ртуть, амальгамация, минеральное сырьё, токсичность, золотодобыча.

Введение. В настоящее время в мире Минаматской конвенцией по ртути ООН (Minamata Convention on Mercury) ограничивает кустарную и мелкомасштабную старательскую золотодобычу с использованием технологии амальгамации при извлечении тонкого металла «gold dust». Однако этой, губительной для человека, технологией продолжают пользоваться не менее 20 млн. старателей Азии и Африки, в том числе порядка 30 % женщин и сотни тысяч детей от 6 до 9 лет (переноска тяжестей, копка, перемещение перевозка руды, работа со ртутью) [4].

Материалы и методы исследований. В Российской Федерации (РФ) добыча ртутных руд прекращена в 1992 г., а производство первичной металла – в 1995 г. Снижение использования Hg в РФ соответствует общемировой тенденции; потребление Hg на душу населения страны в 2001 г. составляло 1,1 г/год [5]. Промышленные запасы Hg известны более чем в 40 странах мира, суммарные мировые ресурсы металла оцениваются в 715 тыс. т, учтенные запасы составляют 324 тыс. т. Структура распределения, учтённых запасов Hg следующая: Испания – 26%, в Кыргызстан и РФ – по 13 %, Украина – 8 %. В рудах месторождений РФ среднее содержание Hg оценивается величиной – 0,453 %, которая существенно уступает таковым в рудах Испании (Альмаден – 1,9 %), Алжира (Бу Азер – 1,75 %) и Кыргызстан (Хайдаркен – 1 %) [6].

В настоящее время в недрах РФ Государственным балансом запасов полезных ископаемых РФ учтено 24 месторождения Hg. Запасы металла на месторождениях киноварного типа оценивались в 45,3 тыс. т, в том числе 15,6 тыс. т промышленных категорий.

Кроме того, учтены 3 ртутьсодержащих медно-колчеданных месторождения: Подольское (Республика Башкортостан (РБ), Талганское (Челябинская область), Сафьяновское (Свердловская область) где в составе руд ежегодно из недр извлекается 10 т Hg (рисунок 1).

Таблица – Региональная структура балансовых запасов ртути в РФ [5]

Месторождение	Геолого-промышленный тип	Доля в запасах, %	Содержание Hg в руде, %
Собственно ртутные месторождения			
Краснодарский край			
Белокаменное	Кварц-диккитовый	2,3	0,47
Салинское	То же	2,4	0,42
Дальнее	То же	1,8	0,31
Каскадное	То же	0,1	0,14
Республика Сев. Осетия			
Тибское	Кварц-диккитовый	1,6	0,25
Алтайский край			
Сухонькое	Карбонатный	0,6	0,24
Республика Алтай			
Чаган-Узунское	Лиственитовый	7,0	0,42
Черемшанское	Карбонатный	0,1	0,50
Кемеровская область			
Куприяновское	Кварц-диккитовый	0,2	0,32
Республика Тыва			
Терлигхайское	Полиаргиллитовый	5,1	0,22
Камчатская область			
Ляпганайское	Опалитовый	3,5	0,63
Олюторское	То же	1,7	1,05
Чемпуринское	То же	0,7	1,07
Респ. Саха (Якутия)			
Звездочка	Кварц-диккитовый	6,2	1,59
Гал-Хая	То же	1,1	0,60
Северное	То же	0,4	1,09
Среднее	То же	0,3	3,40
Балгикакчан	То же	0,1	1,63
Хабаровский край			
Ланское	Полиаргиллитовый	1,2	0,52
Чукотский АО			
Тамватнейское	Лиственитовый	33,1	0,70
Западно-Палянское	Кварц-диккитовый	24,0	0,53
Ртутьсодержащие месторождения			
Республика Башкортостан			
Подольское	Медно-колчеданный	4,6	0,0025
Челябинская область			
Талганское	То же	0,6	0,0059
Свердловская область			
Сафьяновское	То же	0,2	0,0014

Результаты и их обсуждение. В рудах медно-колчеданных месторождений Урала содержание Hg варьируют в широком диапазоне (г/т): Учалинского – 20-560, Сибайского месторождения (РБ) – 10-900, Гайского (Оренбургская область) – 1-90 г/т, Узельгинского (Челябинская область) – до 800 г/т. В товарных продуктах обогатительных фабрик (ОФ) горно-обогатительных комбинатов (ГОК) Южного Урала – цинковых концентратах флотации средние содержания Hg составляют (г/т): для Учалинской – 53; Сибайской – 93; Гайской – 65 [1].

Основными минералом-концентратом Hg в рудах является сфалерит, содержащий от 70-250 г/т до 0,5-1,5 % примеси токсиканта; блёклая руда теннантит $Cu_{12}As_4S_{13}$ содержит до 3 % примеси. Содержание Hg в концентратах Учалинского ГОКа различны (г/т) и последовательно растут в ряду: пиритный – 5-15; медный – 28-41; цинковый – 76-123 [3].

На крупнейший в РФ, Челябинский электро-цинковый завод ежегодно поступает порядка 20 т Hg, эмиссия и потери которой (переход в кислоту, шламы, пыль) в процессе получения Zn из концентратов имеют следующую структуру (т): выбросы в атмосферу – 1, 229; шламы – 5,4; серная кислота – 5,0; в канализацию – 0,3; свинцовый кек – 3,0; медный кек – 0,4.

Добыча мелкого и тонкого золота (размерами менее 0,1 мм) из россыпей Южного Урала, ранее традиционно осуществлялась с помощью технологии амальгамации. В хвостохранилищах Семёновской золотоизвлекательной фабрики (СЗИФ РБ), извлекавшей технологией перколяции золото из бурых железняков месторождений РБ аккумулировано 59 т ртути и 2076 т мышьяка.

Мониторинг состояния окружающей среды (ОС) посёлка выявил загрязнение Hg всех её компонентов: атмо-, гидро-, педо- и биосферы (рисунок).

Исследование Уфимского научно-исследовательского института медицины труда и экологии человека содержания Hg в продуктах животного происхождения показало, что наиболее загрязненным (5,3-8,8 ПДК) является коровье молоко; содержание Hg в куриных яйцах, значительно ниже значения существующего норматива. Анализы биосубстратов проведены для 128 работников предприятия и их 16 детей; исследованы 660 жителей поселка (21,8 % населения). Проведён анализ (количество): крови – 144, мочи – 16, волос – 38, зубных камней – 9, ногтей – 40, слюны – 15, грудного молока кормящих матерей – 2. Hg в крови в концентрациях от 0,00085 до 0,12975 мг/л обнаружена у всех обследованных. Превышение уровня для населения, не подвергшегося воздействию Hg в производственных условиях (0,005 мг/л) выявлено у 57% взрослых и 31 % детей. В грудном молоке кормящих матерей Hg содержится в количествах 26,15 и 35,9 мкг/л, что превышает соответствующие данные ВОЗ для грудного молока женщин Европы.

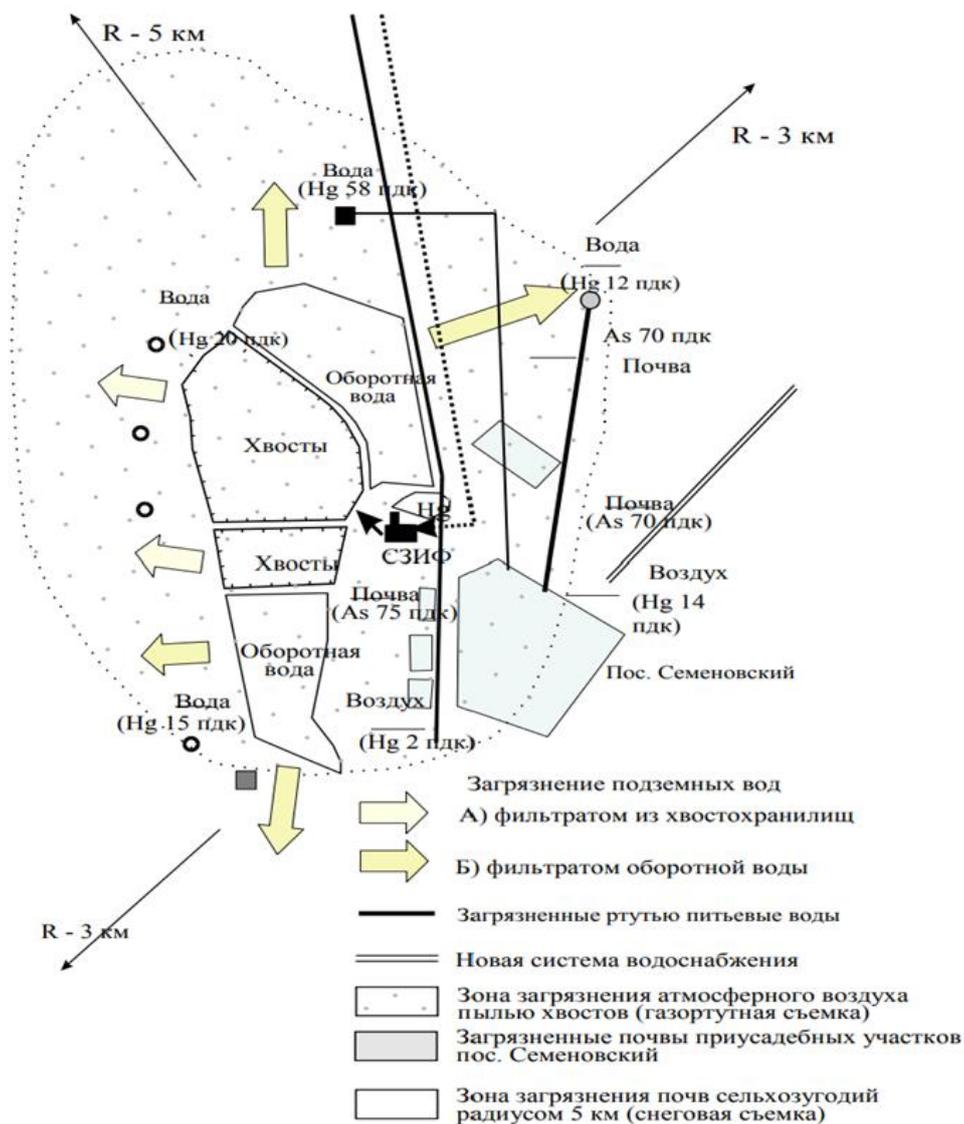


Рисунок – Схема техногенного воздействия Семёновской золотоизвлекательной фабрики (СЗИФ) на компоненты на окружающей среды (воздух, почвы, воды).

Проблема ртутной безопасности актуальна как для «старых» регионов недропользования РФ, так и территорий нового освоения недр Арктической зоны РФ. ПАО «ГМК «Норильский никель» ежегодно добывает и перерабатывает порядка 18,5-19,8 млн. т сульфидных медно-никелевых руд, со средними содержаниями Hg 1 г/т, вовлекая токсикант в техногенную миграцию в ОС Таймыра и Кольского полуострова (Романов, 2018). В рудах месторождений олова Приморского и Красноярского краёв среднее содержание Hg оценивается величиной 0,1 г/т [3]. В оловянных концентратах месторождений Республики Саха (Якутия) (РС(Я) и Забайкалья Hg содержится в количестве от 0,01 до 1,89 г/т. Устойчивые примеси Hg установлены в минеральном сырье месторождений олова Дальневосточного федерального округа (г/т): Валькумей (Чукотская АО) – в среднем 0,86; Фестивальное (Дальний Восток) – в среднем 1,89; Хрустальное (Приморье) – в среднем 1,34.

ОАО «Новосибирский оловянный комбинат» использует систему способную осадить на фильтрах очистных установок не менее 60 % Hg из отходящих газов, однако около 5 кг токсиканта всё же поступает в атмосферу. Выбросы Hg в атмосферу и ее поступление в отходы при добыче и переработке цинка, олова, никеля и меди в РФ по заключению экспертов составили, (в тоннах) [4]:

- при производстве цинка: Hg в концентратах – 31; эмиссия в атмосферу – 1,9; Hg в твёрдых отходах помимо хвостов – 8,5; сброс в канализацию – 0,2;
- при производстве никеля и меди (предприятия «ГМК «Норильский никель»): Hg в рудах – 24,8; Hg в концентратах – 5,9; 179 эмиссия Hg в атмосферу – 3,1; Hg в хвостах – 18,9;
- при производстве олова: Hg в концентратах – 0,01; эмиссия Hg в атмосферу – 0,005.

В связи с принятием Минаматской конвенции возрастает актуальность управления экологическими рисками процессов КВ перспективных ртутьсодержащих месторождений золота так называемого «невадийского» или «карлин-типа» в США, КНР, Иране, РФ и др. Для РС(Я) такой мониторинг потребуется при комплексном освоении технологией кучного выщелачивания золото-ртутных руд месторождения Кючюс, содержащих 130 - 500 г/т Hg [2].

Использование Hg в качестве регионального индикатора оценки геолого-экологических рисков недропользования, рекомендуется для формирования оптимальной системы инструментов прогнозирования, оценки масштабов и контрастности техногенной трансформации компонентов ОС как старых горнорудных районов, так и регионов нового освоения с привлечением ресурсов системы горного инжиниринга обеспечения стратегии сырьевой безопасности.

Геоэкологические риски, связанные с Hg в составе минерального сырья и товарной продукции, актуальны практически для всех предприятий газо- и угледобычи ТЭК РФ [7].

Заключение. Результаты экспертной оценки показали, что на предприятиях Республики Беларусь по состоянию на 2012 г. Hg металлическая в технологических процессах не используется; основным источником её поступления в ОС являются производственное и бытовое потребление товаров, содержащих токсикант в жидком виде, в виде паров и соединений [2].

Мониторинг Hg необходим при оценке состояния ОС на объектах производства цемента, энергетики (сжигание топлива ТЭЦ), нефтедобыче и др.

Библиографические ссылки

1. Мустафин, С.К., Анисимова, Г.С. Геоэкологические проблемы добычи ртути как полезного ископаемого и источника экологических рисков. Роль и место мелко- и среднемасштабных геохимических работ в системе геологического изучения недр. М.: ИМГРЭ, 2018. – С. 118.
2. Кузьмин, С.И., Бобко, А.В., и др. Оценка воздействия ртути на окружающую среду в Республике Беларусь. Минск: РУП «БелНИЦ «Экология», 2012. 64 с.
3. Оценка поступления ртути в окружающую среду с территории Российской Федерации. План действий Совета Арктики по предотвращению загрязнения Арктики (АСАР/ПДСА), ДАООС, Копенгаген, 2005 322 с.
4. Разработка национального плана действий по сокращению и, где это возможно, прекращению применения ртути в кустарной и мелкомасштабной золотодобыче. UNEP(DTIE)/Hg/INC.7/17 ООН ЮНЕП Рабочий проект 17 августа 2015 года. – 118 с.

5. Романов, А.А., Игнатъева, Ю.С., и др. Ртутное загрязнение в России: проблемы и рекомендации. М.: АО «НИИ Атмосфера», «Эко-Согласие», 2018. – 104 с.
6. Mercury. Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey. P. 107.
7. Mustafin, S.K., Trifonov, A.N., Anisimova, G.S., Struchkov, K.K. Mercury as an indicator of geological and environmental risks in the development of various mineral raw materials. Evolution of Biosphere and Technogenesis (2nd EBT 2021) IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 962 (2022) 012056 IOP Publishing.