



УДК (550.47+550.424.6)(571.17)

Загрязнение ртутью окружающей среды после эксплуатации Ново-Урского золоторудного месторождения (Кемеровская область)

М. А. Густайтис, И. Н. Мягкая, Б. Л. Щербов, Е. В. Лазарева

Институт геологии и минералогии СО РАН

Аннотация. Ново-Урское месторождение полиметаллических золотосодержащих медно-цинковых серно-колчеданных руд разрабатывалось в 30-х гг. XX в. в пос. Урск. В складированных отходах Урского хвостохранилища содержание Hg было достаточно высокое (в первичных около 100, в окисленных – 20–30 мкг/г), что обеспечило ее повышенный местный фон. Само вещество отходов было разнесено и в настоящее время покрывает лог, образуя в плане компактный конус снесенного вещества. Заболоченная территория лога ниже хвостохранилища вплоть до р. Ур покрыта снесенным материалом отходов, образовав тем самым поток рассеяния. Расположение хвостохранилища между жилыми кварталами поселка ставит актуальную проблему распространения и трансформации элемента по трофическим цепям: *вода – рыба, почвы – растения – грибы* и т. д. Установлено трехкратное превышение ПДК по ртути в колодезных водах вблизи хвостохранилища. Для определения химических форм ртути в растениях и субстрате применен разработанный авторами гибридный метод, сочетающий термический анализ с атомно-абсорбционным детектированием, в основе которого лежит различие в температурах испарения для соединений ртути. Изучены закономерности распределения форм нахождения ртути (HgX_2 , CH_3HgX и HgS , где $\text{X} - \text{Cl}, \text{SO}_4^2$) в системе *почва – растение* с высокими содержаниями Hg. Установлены повышенные содержания и формы нахождения ртути в рыбе. Превышение значений ПДК в грибах отмечено в образцах, отобранных на отходах и на удалении. Максимальные значения (в 400 раз) зафиксированы в свинушках, отобранных в непосредственной близости от отвалов.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, химические формы ртути, сульфидные хвостохранилища.

Введение

Известно, что соединения ртути крайне токсичны и представлены в природе большим разнообразием химических форм. Наиболее опасны для населения ее органические производные, накапливающиеся в некоторых объектах окружающей среды в довольно существенных количествах и попадающие в пищевые цепи человека с водой и пищей. Примером могут служить массовые отравления населения Японии (болезнь Минамата) ртутью в 1943–1970-х гг. из-за слива заводом «Тиссо» большого количества сточных вод, загрязненных солями метилртути [5].

Одним из серьезных источников загрязнения ртутью окружающей среды являются складированные отходы обогащательного производства, содержащие ртуть. В пределах горного обрамления Кузбасса эксплуатируются месторождения железных руд, коренного и россыпного золота, цинка и других полезных ископаемых. Опасность для окружающей среды представляют и отвалы золоторудных месторождений, поскольку до недавнего времени повсеместно для извлечения золота использовалась амальгамация ртутью [7]. В рудах, отходы которых складированы в Урском хвостохранилище (Кемеровская область), содержание Hg было достаточно высокое (в первичных – около 100, в окисленных – 20–30 мкг/г), что обеспечило ее повышенный местный фон в объектах окружающей среды не только вокруг хвостохранилища, но и на удалении от него [6]. Целью данной работы было оценить содержание форм ртути (HgS , HgX_2 и CH_3HgX , где X – Cl^- , SO_4^{2-}) в системе *субстрат – корни растений – надземные части растения*, на исследуемой территории; установить формы нахождения Hg в грибах и рыбе; определить содержания элемента в питьевых водах поселка, особенно в колодцах вблизи складированных отходов.

Объекты и методы исследования

Ново-Урское месторождение, самое крупное среди Урской группы колчеданных медно-цинковых проявлений, расположено в Кемеровской области на границе с Алтайским краем и Новосибирской областью. Месторождение было открыто и стало разрабатываться в начале 40-х гг. XX в. [11; 16]. Хвостохранилище сформировано из отходов цианирования как первичных сульфидных руд, так и руд зоны окисления. Ранее было установлено, что в отходах первичных руд преобладают барит, пирит, кварц. В пирите сохранились включения других рудных минералов: галенита, халькопирита, борнита, арсенопирита, сфалерита, блеклых руд, алтаита, жеффруаита и теллурида ртути. В барите обнаружены включения науманнита и селенида Hg со значительной примесью Ag и S. Отходы руд зоны окисления представлены пиритом, баритом, кварцем, но доля первых двух меньше, чем в отходах первичных руд. Также в этом типе вещества резко увеличивается количество ярозита; появляется гипс и гетит; установлены алюмосиликаты: мусковит, альбит, небольшое количество хлорита и следы микроклина [7]. По лого, где располагается хвостохранилище, протекает естественный ручей, воды которого в процессе взаимодействия с сульфидным веществом подкисляются до $\text{pH} = 2$, а состав меняется с Ca-Mg-HCO_3 до Fe-Al-SO_4 . Содержание ртути в растворе дренажного ручья составляет от 4 до 47 мкг/г в зависимости от сезона [17]. Отходы не закреплены и на протяжении 80 лет существования хвостохранилища размывались дождевыми и паводковыми водами. Заболоченная территория лога, расположенная ниже хранилища вплоть до р. Ур (приток р. Иня), покрыта снесенным веществом отходов. Ее растительность уничтожена в результате воздействия кислых дренажных растворов. Снесенное вещество перекрывает торф, причем над материалом отходов еще сохранились болотные кочки [10]. Расположение хвостохрани-

лица между жилыми кварталами поселка позволяет также оценить распространение Hg по трофическим цепям: вода – рыба, почвы – растения – грибы и т. д. (рис. 1).

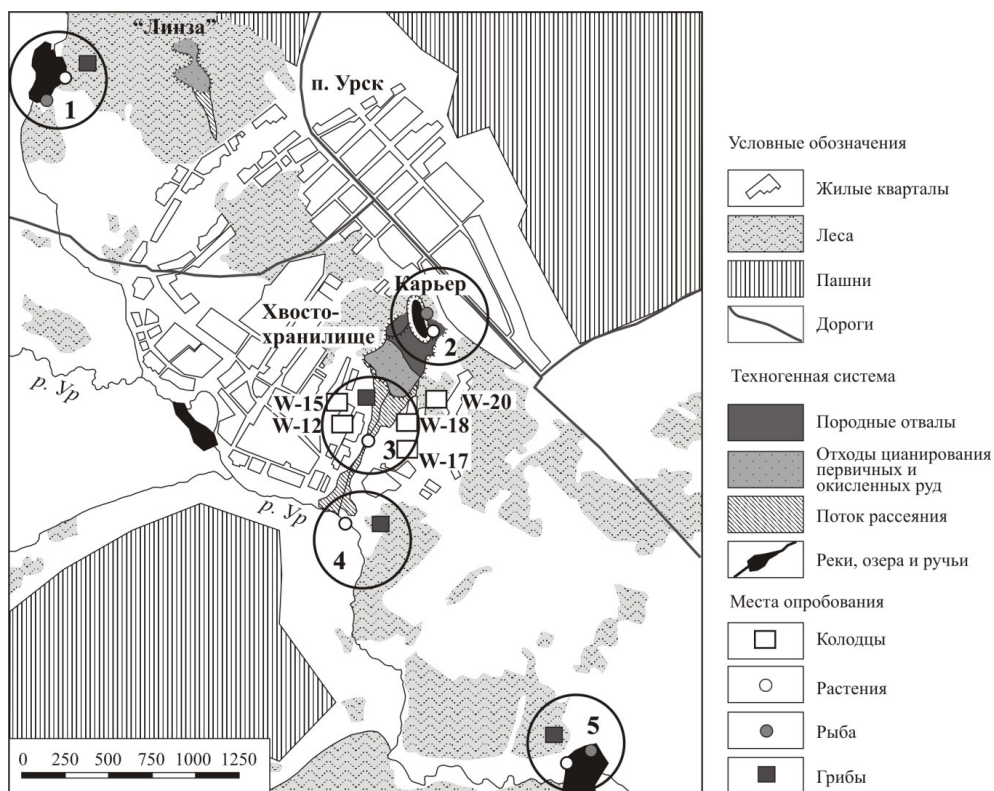


Рис. 1. Схема отбора проб в районе Урского хвостохранилища.

Кругами обозначены участки отбора проб: 1 – на удалении от хвостохранилища; 2 – участок карьера; 3 – участок средней части потока рассеяния хвостохранилища; 4 – участок, расположенный в месте впадения дренажного ручья в р. Ур; 5 – р. Ур в 5 км по течению ниже места впадения дренажного ручья

Растения опробовались как на территории хвостохранилища, так и на удалении от него (см. рис. 1). Для этой цели были отобраны преобладающие виды прибрежных растений – камыш лесной (*Spirpus sylvaticus* S.) и камыш морской (*Spirpus maritimus* L.) [15]. Растения были отмыты в чистой, потом в дистиллированной воде и разделены на надземную и корневую части. Далее растения и субстрат, в котором они произрастали, высушены до воздушно-сухого состояния.

Для изучения распределения химических форм ртути в растениях и субстрате применен разработанный авторами гибридный метод, сочетающий термический анализ с атомно-абсорбционным детектированием, в основе которого лежит различие в температурах испарения для соединений ртути [18]. В работе использовали анализатор ртути (РА-915⁺, «Люмэкс») с

пиролитической приставкой РП-91С. Все анализы были выполнены на базе Центра коллективного пользования «Многоэлементные и изотопные исследования» ИГМ СО РАН, г. Новосибирск.

Результаты и обсуждение

На расстоянии 50–250 м от складированных отходов расположены жилые кварталы, население которых использует только колодезные и родниковые воды, поскольку центральное водоснабжение в данном районе поселка отсутствует (см. рис. 1). Полученные данные показали, что колодезные и родниковые воды (W-17 и W-18) не пригодны для использования в качестве питьевой воды – ПДК по содержанию Hg превышен в 3 раза (табл. 1). Также отмечено превышение жесткости в пробе W-18 в 1,6 раза. Минерализация исследуемых колодезных вод не превышала предельно допустимых значений.

Таблица 1

Содержание ртути в родниковой и колодезной воде в зоне влияния Урского хвостохранилища

№ пробы	Hg, мкг/дм ³	Жесткость, мг/экв	Минерализация, мг/дм ³
W-12	0,12	5	330
W-15	< 0,02	н. о.	н. о.
W-17	1,33	10	600
W-18	1,55	17	980
W-20	0,13	н. о.	н. о.
ПДК [14]	0,50	7–10	1000–1500

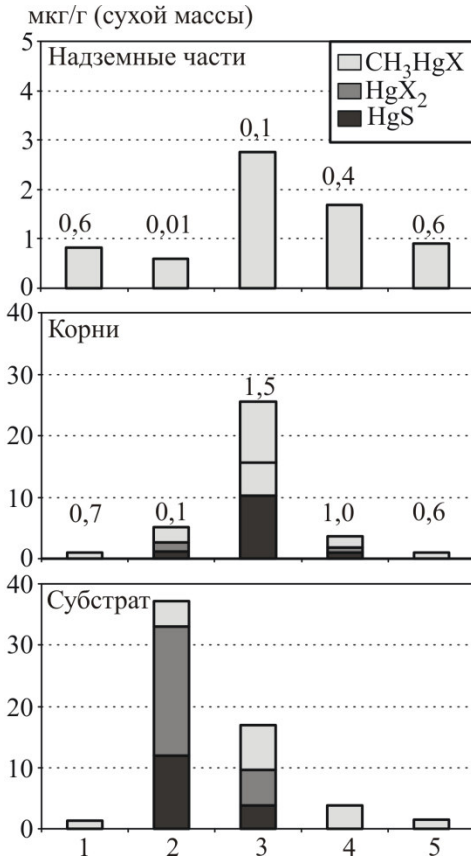
Примечание: н. о. – не определяли.

Известно, что растения легко поглощают Hg корневой системой из питающих растворов. Также известна особенность растений, произрастающих на загрязненных территориях, накапливать гораздо больше Hg, чем в нормальных условиях. Однако для многих растений, даже в условиях сильного ртутного загрязнения, дополнительное потребление ртути ограничено [8], и это подтверждается нашими исследованиями.

Установлено, что ртуть в надземных частях растений находится в метилированной форме (0,6–2,8 мкг/г) (рис. 2). В корнях растений на удалении от хвостохранилища Hg также находится в метилированной форме. В среднем ее содержание составляет 0,96 мкг/г. В непосредственной близости от хвостохранилища Hg в корнях растений присутствует в окисленной (HgX₂), метилированной (CH₃HgX) форме и в виде HgS. Метилированная форма явно преобладает (до 10 мкг/г). Присутствие неорганической ртути объясняется наличием частиц почвы на корнях, которые могли быть не до конца смыты.

В проанализированных образцах почвы/субстратах также присутствуют все вышеупомянутые формы, однако соотношение их сильно отличается. В почвах, отобранных на берегу затопленного карьера, где ранее добывались руды, преобладают окисленная форма (21 мкг/г) и сульфид ртути (12 мкг/г), а в пробе, отобранной в потоке рассеяния хвостохранилища, пре-

обладает метилированная форма (7,3 мкг/г). Содержание Hg в субстрате в зоне влияния хвостохранилища превышает ПДК (2,1 мкг/г) [2]: на берегу затопленного карьера в 17 раз, в потоке рассеяния – в 8 раз, в месте впадения дренажного ручья – 1,8 раза. Важно отметить, что содержание Hg в растениях, отобранных в карьере, ниже, чем в потоке рассеяния, а концентрация ртути в субстрате потока рассеяния в 3 раза меньше, чем в карьере. Максимальные концентрации ртути в растениях установлены в потоке рассеяния отходов обогащения (2,8 мкг/г – надземная часть и 26 мкг/г – корни), в субстрате, отобранном на берегу карьера, (37 мкг/г). Однако содержание Hg в растениях из карьера значительно меньше (0,6 мкг/г – надземная часть и 5,2 мкг/г – корни), чем на отвалах. Вероятно, определяющим фактором служит не содержание элемента в субстрате, а его доступность для растения, возможно, уровень концентрации в растворе.



симальные концентрации ртути в растениях установлены в потоке рассеяния отходов обогащения (2,8 мкг/г – надземная часть и 26 мкг/г – корни), в субстрате, отобранном на берегу карьера, (37 мкг/г). Однако содержание Hg в растениях из карьера значительно меньше (0,6 мкг/г – надземная часть и 5,2 мкг/г – корни), чем на отвалах. Вероятно, определяющим фактором служит не содержание элемента в субстрате, а его доступность для растения, возможно, уровень концентрации в растворе.

Рис. 2. Распределение форм нахождения Hg и коэффициенты биологического накопления в системе «субстрат – корни растения – надземные части растения» на удалении и вокруг Урского хвостохранилища: X - SO₄, Cl и др.

Примечание: с 1 по 5 по оси X обозначены участки опробования, цифры над столбиками – коэффициенты биологического накопления.

По результатам исследования были вычислены коэффициенты биологического накопления (КБН) ртути растениями. КБН – отношение содержания элемента в растении (надземная часть / корни) к его содержанию в субстрате. Для территорий, удаленных от хвостохранилища (участки 1 и 5), Hg аккумулируется надземными частями растений и корнями из субстрата одинаково (КБН – 0,6–0,7). В непосредственной близости от хвостохранилища аккумуляция Hg надземными частями растений значительно ниже (КБН – 0,01–0,4). Однако в корнях растений, отобранных на данной территории, происходит значительное накопление Hg (КБН – 0,1–1,5).

Особую опасность в экологическом отношении представляет способность съедобных грибов к гипераккумуляции тяжелых металлов в районах промышленных выбросов, около крупных городов, железнодорожных и

шосейных магистралей. Эта способность выражена у них гораздо резче, чем у высших растений и других организмов [3], поэтому нами были исследованы различные виды грибов на наличие в них ртути (табл. 2).

Таблица 2

Содержание ртути в грибах в районе Урского хвостохранилища

Вид грибов	На удалении от отходов, кг/г	КБН	На хвостохранилище, мкг/г	КБН
Белые	1,02	30	8,9	2
Сыроежки	0,07	2,0	5,8	1,4
Свинушки	0,45	13,6	20	4,7
ПДК [13]	0,05			

Важно отметить, что концентрация Hg в грибах превышает значения ПДК как на удалении от отходов, так и в районе хвостохранилища. Максимальные превышения (в 400 раз) зафиксированы в свинушках, собранных около отвалов.

Исходя из данных коэффициентов биологического накопления, в грибах, отобранных на удалении от отвалов, накопление Hg происходит значительно активнее, чем на отвалах. Вероятнее всего, накопление ртути в грибах идет по такому же механизму, что и в растениях [10].

Для рыб, как для гидробионтов, токсичность соединений ртути зависит от их видовой принадлежности и условий окружающей среды [9]. В рыбе, которая была поймана в водоемах неподалеку от отвалов, установлены достаточно высокие содержания Hg, но согласно САНПиН 2.3.2.560-96 (0,6 и 0,3 мкг/г для хищных и нехищных рыб соответственно) не превышают предельно допустимых концентраций. Исключение составляет рак, содержание ртути в котором превышает ПДК (0,2 мкг/г) в 4 раза. Важно отметить, что концентрации ртути у бентофагов (карась) выше, чем у ихтиофагов (окунь), поскольку происходит накопление ртути вверх по трофической цепочке из-за того, что накопленная ртуть практически не выводится из живых организмов [9]. Ртуть – это элемент, который в значительной степени накапливается организмами [1], что подтверждают рассчитанные нами коэффициенты концентрирования (табл. 3).

Таблица 3

Содержание ртути в рыбе в зоне влияния Урского хвостохранилища

Место отбора	Вид	CH_3Hg^+ , мкг/г (в пересчете на сырую массу)	Коэффициент биологического накопления
1	Окунь	0,25	1,3
1	Карась	0,16	8,0
2	Окунь	0,44	1,6
2	Рак	0,83	3,0
5	Окунь	0,52	3,1

Примечание: КБН = C (мкг/г) в рыбе/ C (мкг/дм³) в воде.

Заключение

Показано, что ртуть из складированных отходов попадает в подземные воды, загрязняя колодцы и родники, в результате чего существует вероятность отравления ртутью. Жителям пос. Урск не рекомендуется употреблять колодезные и родниковые воды в непосредственной близости от хвостохранилища.

Установлено, что обнаруженная в рыбе ртуть находится в метилированной форме, несмотря на то что в поверхностных водах практически не обнаружена [17]. Следует ограничить или запретить употребление рыбы во избежание нанесения вреда здоровью.

Безусловно, употребление грибов, произрастающих как вблизи отвалов, так и на удалении от них, крайне опасно для человеческого организма, на что должны обратить внимание экологические и санитарно-гигиенические службы Кемеровской области.

Работа выполнена при финансировании программы (проект № VIII.72.2.3(0330-2014-0016)) и РФФИ № 15-05-05362, 14-05-00668.

Список литературы

1. Биогеохимия океана / под ред. А. С. Моница, А. П. Лисицина. – М. : Наука, 1983. – 368 с.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК). – М. : Госсанэпиднадзор, 2006.
3. Горбунова И. А. Тяжелые металлы и радионуклиды в плодовых телах микровицетов в Республике Алтай / И. А. Горбунова // Сиб. экол. журн. – 1999. – № 3. – С. 277–280.
4. ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. – М. : Стандартинформ, 2006.
5. Загрязнение ртутью окружающей среды и методы демеркуризации. Аналитический обзор / Э. И. Грановский, С. К. Хасенова, А. М. Даришева, В. А. Фролова. – Алматы : Изд-во КазгосИНТИ, 2001. – 98 с.
6. Загрязнение окружающей среды токсичными элементами после эксплуатации золоторудного месторождения Урское (Кемеровская область) / В. Л. Щербов [и др.] // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2008. – Т. 8, № 4. – С. 76–83.
7. Золото в системе сульфидные отходы и торфяник как модель поведения в геологических процессах / И. Н. Мягкая [и др.] // Докл. Акад. наук. – 2013. – Т. 453, № 2. – С. 201–206.
8. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
9. Кузубова Л. И. Метилртуть в окружающей среде (распространение, образование в природе, методы определения) Аналитический обзор / Л. И. Кузубова, О. В. Шуваева, Г. Н. Аношин / ГПНТБ СО РАН. ИНХ, Аналит. центр ОИГГМ СО РАН. – Новосибирск, 2000. – 82 с.
10. Распространение химических форм ртути в сульфидных хвостохранилищах / М. А. Густайтис [и др.] // Докл. Акад. наук. – 2010. – Т. 432, № 5. – С. 655–659.
11. Росляков Н. А. Ртутное загрязнение окружающей среды при добыче золота в России / Н. А. Росляков, О. В. Кириллова // Химия в интересах устойчивого развития. – 1995. – Т. 3, № 1/2. – С. 43–55.

12. Ртуть в окружающей среде Западной Сибири / Г. Н. Аношин [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 1995 – Т. 3, № 1/2. – С. 69–11.
13. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов : сан. нормы и правила. СанПиН 2.3.2.560-96. – М. : Минздрав России, 1996.
14. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников : сан. нормы и правила. СанПиН 2.1.4.1175-02. – М. : Минздрав России, 2003.
15. Травянистые растения СССР / Ю. Е. Алексеев, В. Н. Вехов, Г. П. Гапочка, Ю. К. Дундин. – М. : Мысль, 1971. – Т. 1. – 487 с.
16. Формирование и источники питания россыпей Северо-Восточного Салаира / Г. В. Нестеренко, С. Р. Осинцев, Д. И. Портников, Ю. Г. Лаврентьев, А. И. Кузнецова, Л. Н. Пospelова // Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений. Тр. ИГиГ, Вып. 533. – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 166–194.
17. Mercury species in solid matter of dispersion of the Ursk tailing dispersion train (Ursk village, Kemerovo region, Russia) / M. A. Gustaytis [et al.] // 22–27 September 2012. Rome, Italy. The International Conference on Heavy Metals in the Environment (16th ICHMET) Abstracts. The E3S Web of Conferences journal. EDP Sciences. – 2013. – Vol. 1. – P. 19007–19011.
18. *Shuvaeva O. V.* Mercury speciation in environmental solid samples using thermal release technique with atomic absorption detection / O. V. Shuvaeva, M. A. Gustaytis, G. N. Anoshin // *Analytica Chimica Acta*. – 2008. – Vol. 621. – P. 148–154.

Environmental Mercury Contamination in Post-Exploitation Period (Novo-Ursk Gold Deposit, Kemerovo Region)

M. A. Gustaytis, I. N. Myagkaya, B. L. Scherbov, E. V. Lazareva

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS

Abstract. New Ursk copper-zinc sulphide ores deposits were mined since 1930. Those objects are characterized by high mercury content (pyrite ores – 100 µkg/g, oxidation zone – 20–30 µkg/g). The waste is not fixed; during the entire period of the tailing's existence it is routinely diluted by rainwater and flood water. The ravine's swampy territory below the tailings down to the Ur river is covered with the derived waste matter; the area's vegetation has been destroyed due to the acid mine drainage influence. The location of the tailing pit between the residential quarters of the village poses an important problem of the element's expansion and transformation in trophic chains: water – bottom sediments – fish, soil – mushrooms, etc. Distribution patterns of mercury speciation were studied in natural and technogenic systems with high element levels. High mercury content was founded in well waters, fish, plants and mushrooms near the Ursk tailings. To determine mercury speciation the method of thermal analysis with atomic absorption spectrometry as detector was applied. A Lumex RA-915+ mercury analyzer (St. Petersburg, Russia) equipped with pyrolytic attachment RP-91C was used. Distribution patterns of mercury speciation were studied in natural and technogenic systems with high element levels. High mercury content was founded in well waters, fish, plants and mushrooms near the Ursk tailings.

Keywords: environmental pollution, species of mercury, tailings.

References

- Biogeochemistry of ocean [Biogeochemiya okeana] ed. by A.S. Monin, A.P. Lisicin. M., 1983. 368 p.
- Hygienic standards HS 2.1.7.2041-06 "Permissible exposure limit (PEL) of chemical substance in soil" [Gigienicheskie normativy. GN 2.1.7.2041-06 «Pridelino dopustimie kocentracii (PDK) chimicheskikh vechestv v pochve»]. Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 2006.
- Gorbunova I.A. Heavy metal and radionucleotide in sponk micromycete in the Republic of Altai [Tyazholie metalli i radionuklidi v plodovih telah mikromicetov v respublikе Altai]. *Contemporary Problems of Ecology [Sibirskiy ekologicheskij jurnal]*, 1999, Iss. 3, pp. 277–280.
- All Union State standard 31339-2006. Fish, non-fish objects and products of their processing. Acceptance rules and sampling methods [GOST 31339-2006. Riba, neribnie obekti i produkcija iz nih]. M., 2006. 29 p.
- Granovskiy E.I., Hesanova S.K., Darisheva A.M., Frolova V.A. Mercury pollution of environmental and method of demercurization [Zagryaznenie rtutju okruzhausei sredi i metodi demercurizacii]. Analytical review. Almaty, 2001. 98 p.
- Scherbov B.L., Scherbakova I.N., Lazareva E.V., Bogush A.A., Gustaytis M.A. Pollution of environmental by toxic elements as result exploitation gold mining Urskoe (Kemerovo area) [Zagryaznenie okruzhausei sredi toksicnimi elementami posle ekspluatatsii prodovolstvennogo mestorojdeniya Urskoe(Kemerovskaya oblast)]. *Problems of biogeochemistry and geochemical ecology [Problemi biogehimii i geohimiceskoi ekologii]*, 2008 (8), no 4, pp. 76–83.
- Myagkaya I.N., Lazareva E.V., Gustaytis M.A., Zayakina S.B., Polyakova E.V., Zhmodik S.M. Gold in the Sulfide Waste-Peat Bog System as a Behavior Model in Geological Processes [Zoloto v sisteme sulfidnie othodi i torfyannik kak model povedeniya v geologicheskikh processah], *Doklady Earth Sciences [Doklady akademii nauk]*, 2013, vol. 453, no 2, pp. 201–206.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. Micronutrients in soils and plants [Mikrielementi v pochvah i rasteniyah]. M., 1989. 439 p.
- Kuzubova L.I., Shuvaeva O.V., Anoshin G.N. Methylmercury in environmental (distribution, formation in nature, Method of determination) [Metilrtut v okruzhausei srede (raspredelenie, obrazovanie v prirode, metodi opredeleniya)]. Novosibirsk, 2000. 82 p.
- Gustaytis M.A., Lazareva E.V., Bogush A.A., Shuvaeva O.V., Scherbakova I.N., Polyakova E. V., Badmaeva J. O., Anoshin G. N. Distribution of Mercury and Its Species in the Zone of Sulphide Tailing [Raspredelenie himicheskikh form rtuti v sulfidnih hvostotranilischah] // *Doklady Earth Sciences [Doklady akademii nauk]*, 2010, vol. 432, no 2, pp. 655–659.
- Roslyakov N.A., Kirillova O.V. Mercury pollution of environmental by gold mining in Russia [Rtutnoe zagryaznenie okruzhausei sredi pri dobichi zolota v Rossii] // *Chemistry for Sustainable Development [Himiya v interesah ustoichivigi razvitiya]*, 1995, vol. 3, no 1/2, pp. 43–55.
- Anoshin G.N., Malikova I.N., Kovalev S.I., Androsova N.V., Tsimbalist V.G., Scherbov B.L. Mercury in environmental of Western Siberia [Rtuti v okruzhausei srede Zapadnoi Sibiri] // *Chemistry for Sustainable Development [Himiya v interesah ustoichvogo razvitiya]*, 1995, vol. 3, Iss. 1/2, pp. 69–11.
- Public health regulations [Sanitarnie normi i pravila] 2.3.2.560-96 "Hygienic requirements by quality and safety of food ingredients and food" ["Gigienicheskie trebo-

vaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovolstvennogo sirjya i pischevih produktov”]. Ministry of Health of the Russian Federation. M., 1996.

Public health regulations [Sanitarnie normi i pravila] 2.1.4.1175-02 “Hygienic requirements by quality water of noncentralized basis water supply. Sanitary protection of springs” [(“Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu void nezentralizovannogo vodosnabjeniya. Sanitarnaya ohrana istochnikov”)]. Ministry of Health of the Russian Federation. M., 2003.

Alekseev U.E., Vehov V.N., Gapochkina G.P., Dundin U.K. Herbaceous plants of USSR [Travaynistie rastenija SSSR]. M., 1971, vol. 1. 487 p.

Nesterenko G.V., Osincev C.R., Portnikov D.I., Lavrentjev U.G., Kuznecova L.N., Pospelova A.I. Formation and source of nourishment of placer gold South-East Salair [Formirovanie i istochniki pitaniya rossipei Severo-Vostochnogo Salaira]. Formation conditions, principle of anticipating and prospecting of gold ore field [Usloviya obrazovaniya, principy prognoza i poiskov zolotorudnih mestorojdenii]. Novosibirsk, 1983, pp. 166–194.

Gustaytis M.A., Lazareva E.V., Myagkaya I.N., Bogush A.A., Shuvaeva O.V. Mercury species in solid matter of dispersion of the Ursk tailing dispersion train (Ursk village, Kemerovo region, Russia) // 22–27 September 2012. Rome, Italy. The International Conference on Heavy Metals in the Environment (16th ICHMET) Abstracts. The E3S Web of Conferences journal. EDP Sciences, 2013, vol. 1, pp. 19007–19011. doi: 10.1051/e3sconf/20130119007.

Shuvaeva O.V., Gustaytis M. A., Anoshin G. N. Mercury speciation in environmental solid samples using thermal release technique with atomic absorption detection // *Analytica Chimica Acta*, 2008, vol. 621, pp. 148–154. doi: 10.1016/j.aca.2008.05.034.

Густайтис Мария Алексеевна
кандидат геолого-минералогических
наук, старший научный сотрудник
Институт геологии и минералогии
СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика
Коптюга, 3
тел.: (383) 330-81-10
e-mail: gustaitis@igm.nsc.ru

Gustaytis Mariya Alekseevna
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Scientific Researcher
Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk,
630090
tel.: (383) 330-81-10
e-mail: gustaitis@igm.nsc.ru

Мягкая Ирина Николаевна
кандидат геолого-минералогических
наук, научный сотрудник
Институт геологии и минералогии
СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика
Коптюга, 3
тел.: (383) 330 81 10
e-mail: i_myagkaya@igm.nsc.ru

Myagkaya Irina Nikolaevna
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Scientific Researcher
Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk,
630090
tel.: (383) 330 81 10
e-mail: i_myagkaya@igm.nsc.ru

Щербов Борис Леонидович
кандидат геолого-минералогических
наук, старший научный сотрудник
Институт геологии и минералогии
СО РАН

Shcherbov Boris Leonidovich
Candidate of Sciences (Geology and Min-
eralogy), Senior Scientific Researcher
Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
3, Akademika Koptyuga Ave., Novosibirsk,
630090

630090, г. Новосибирск, пр. Академика
Коптюга, 3
тел.: (383) 330 81 10
e-mail: boris@igm.nsc.ru

tel.: (383) 330 81 10
e-mail: boris@igm.nsc.ru

Лазарева Елена Владимировна
кандидат геолого-минералогических
наук, старший научный сотрудник
Институт геологии и минералогии
СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика
Коптюга, 3
тел.: (383) 330 81 10
e-mail: lazareva@igm.nsc.ru

Lazareva Elena Vladimirovna
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Scientific Researcher
Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
3, Akademika Koptiyuga Ave., Novosibirsk,
630090
tel.: (383) 330 81 10
e-mail: lazareva@igm.nsc.ru