

УДК [553.04+549+553.068.41](571.62)

А.И.ХАНЧУК, В.П.ЗВЕРЕВА, Р.А.КЕМКИНА, И.В.КЕМКИН

Хвостохранилища Комсомольского оловорудного района: невостребованные минеральные ресурсы и угроза для экологической обстановки

Хвостохранилища Комсомольского района содержат многие полезные компоненты, поэтому их можно рассматривать как дополнительный источник минеральных ресурсов. Если не перерабатывать отвалы, в ближайшие годы как ресурсы они будут потеряны, так как сульфидная составляющая хвостов окислится и большей частью перейдет в раствор, при этом токсичные рудные элементы загрязнят окружающую среду. В настоящее время в указанном районе изменения гидрохимического фона достигли критической и катастрофической стадии.

Ключевые слова: хвостохранилища, минеральные ресурсы, гипергенез, техногенез.

Tailing dumps of the Komsomol'sk tin-ore district are mineral resources that can be lost and will bring to ecological catastrophe. A.I.KHANCHUK, (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok), V.P.ZVEREVA (Far East Geological Institute, FEB RAS, Far East State Federal University, Vladivostok), R.A.KEMKINA (Far East State Federal University, Vladivostok), I.V.KEMKIN (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

Tailing dumps of the Komsomol'sk district contain many useful components, that's why they should be concern as additional mineral resources. If don't rework these tails, in the nearest future they will be lost as mineral resources, because the sulphide component of the tails will be oxidized and mostly pass into solution while toxic ore elements will contaminate the environment. At present, in the district under consideration, hydrochemical changes have reached critical and catastrophic limit.

Key words: tailing dumps, mineral resources, hypergenesis, technogenesis.

В Комсомольском оловорудном районе (Хабаровский край) на протяжении 70 лет активно разрабатывались оловянные, медно-оловянные и олово-полиметаллические месторождения, что привело к образованию горнопромышленной техногенной системы, состоящей из многочисленных горных выработок, канав, расчисток, карьеров, штолен и трех хвостохранилищ, где складированы отходы двух горно-обогатительных фабрик (рис. 1).

В рассматриваемом районе в настоящее время эпизодически работает только одна фабрика, где перерабатываются медно-оловянные руды месторождения Фестивальное. В период перестройки была переработана небольшая часть хвостов первого хвостохранилища с извлечением олова (содержание 0,13%). В хвостохранилищах сосредоточены отходы обогащения руд месторождений Солнечное, Фестивальное, Перевальное и Придорожное.

ХАНЧУК Александр Иванович – академик, директор, КЕМКИН Игорь Владимирович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, *ЗВЕРЕВА Валентина Павловна – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток), заведующая кафедрой (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), КЕМКИНА Раиса Анатольевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). *E-mail: zvereva@fegi.ru

Работа выполнена при поддержке и в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., госконтракт № 02.740.11.0723.

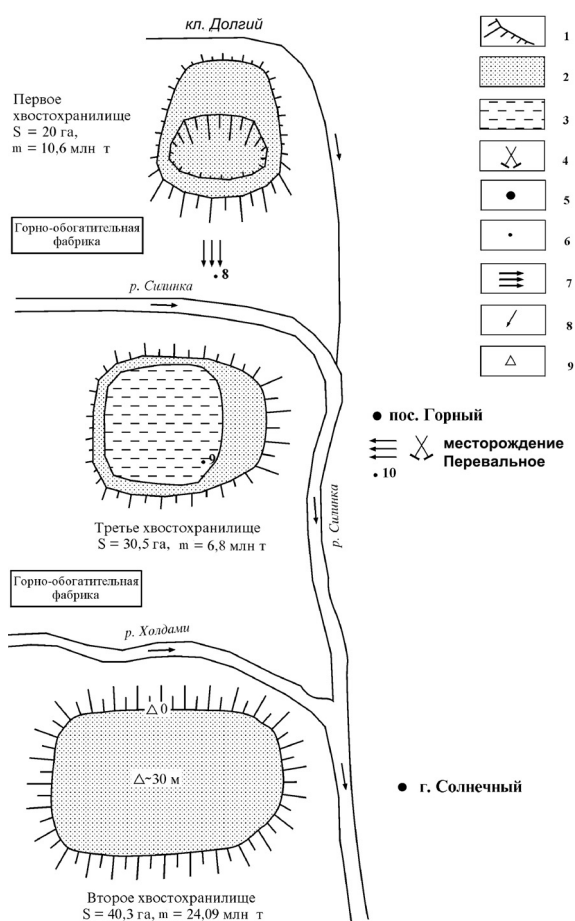


Рис. 1. Схема расположения хвостохранилищ в Комсомольском районе. 1 – контур хвостохранилища; 2 – сухие хвосты; 3 – шламовые воды; 4 – закрытая штольня; 5 – населенный пункт; 6 – точка отбора гидрохимической пробы; 7 – дренажный сток шламохранилища или рудничных вод; 8 – направление течения водотока; 9 – относительная отметка высоты

В песках хвостохранилища СОФ 93% объема составляют ороговикованные породы, кварц и турмалин. Важными компонентами являются сульфиды: пирит, сфалерит, пирротин и другие (в сумме 4,58%). Джемсонит, бурнонит, висмутин, айкинит и другие встречаются реже 0,64%. Присутствие касситерита, вольфрамит, шеелита, а также магнетита, куприта, лимонита, карбонатов и слюды незначительно (1,78%). Содержание нерудных минералов кварца и турмалина, а также ороговикованных пород составляет 35, 10 и 48%, соответственно.

Второе хвостохранилище – Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) – расположено в 100 м от фабрики в долине кл. Первый (в районе слияния рек Силинка и Холдоми) в непосредственной близости от г. Солнечный. Здесь отходы накапливались с 1969 по 2001 г. Длина хвостохранилища 800 м, ширина 80–130 м. По площади оно самое большое из описываемых в данной статье. В нем сосредоточены хвосты всех циклов обогащения и отходы различных промпродуктов. Среднее содержание олова в хвостах 0,207%.

Пески хвостохранилища имеют рыхлую консистенцию, вниз по разрезу встречаются спрессованные участки. Крупность песка неравномерна. При визуальной оценке поверхности хвостохранилища выявляются три основные зоны формирования материала.

Первое хвостохранилище – Солнечной обогатительной фабрики (СОФ) – находится рядом с фабрикой и в непосредственной близости от пос. Горный (около 100 м) в долине р. Силинка (в районе слияния р. Силинка и кл. Долгий). В 5 км от хвостохранилища ниже по течению р. Силинка располагается г. Солнечный. В горизонтальной проекции хвостохранилище имеет форму параллелепипеда со сторонами 120 и 560 м. Отходы накапливались с 1963 по 1997 г. Мощность отвальных хвостов составляет 20–25 м.

При выяснении условий залегания хвостов, подсчете минеральных ресурсов и содержания рудных минералов использовались данные бурения 32 скважин, пробуренных ГОК Солнечный на глубину 25 м. Хвостохранилище сложено намывными песками серого цвета, иногда окрашенными гидроксидами железа, образующимися за счет окисления сульфидов, в коричневые оттенки. Размерность песчаных частиц в основном менее 0,5 мм. Около 1% объема (в отдельных слоях – 3%) занимают фракции более 2 мм, 70–83% – 0,1–0,5 мм, 13–14% – менее 0,1 мм (на отдельных горизонтах – 28%). В вертикальном разрезе распределение песков по крупности зерен неравномерно.

Первая – периферийная с интенсивным дренажем. Зона хорошо обезвожена, в ней находятся пылевидная и мелкая фракции. Вторая – гребеневая зона, прилегающая к дамбе. Она также хорошо дренирована, у подножия гребня отмечается скопление более крупных фракций. Третья зона – застойная – расположена вблизи прудка, вследствие чего недостаточно дренирована. Материал имеет повышенную влажность и содержит пылевидные частицы. В целом в хвостах возле кл. Первый мелкие и крупные фракции составляют 5–35% от всей массы. В зимнее время хвосты из-за повышенной влажности (7–30%) на отдельных участках промерзают.

Вещественная основа песков хвостохранилища ЦОФ – жильный кварц, турмалин и ороговикованные осадочные породы (в сумме 95%). Сульфиды составляют 4,74%. Среди них преобладают пирротин, пирит и марказит (до 2,04%), которые часто находятся в тесном прорастании, присутствуют также галенит (0,4%), сфалерит (0,3), арсенопирит (0,57), халькопирит (0,35), другие сульфиды – бурнонит, джемсонит, кубанит, айкинит, кобальтин и др. (1,08%). На касситерит и вольфрамит приходится 0,26%.

Самое новое, ныне действующее третье хвостохранилище расположено на правобережье р. Силинка между первым и вторым хвостохранилищами, в 3 км от пос. Горный в направлении к г. Солнечный. Сверху оно закрыто шламовыми водами.

Минерально-геохимическая характеристика первичных руд Комсомольского района с учетом вещественного состава хвостов хвостохранилищ, представленная авторами статьи в отчете по федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», позволила рассчитать объем рудной массы в хвостохранилищах СОФ и ЦОФ (660 400 и 1 204 500 т, соответственно) и определить прогнозные ресурсы металлов в них (см. таблицу).

Запасы металлов (т) в хвостохранилищах Солнечной и Центральной обогатительных фабрик

Элемент	СОФ	ЦОФ	Итого
W	8868,4	39222,6	48091,0
Mn	744,9	3345,1	4090,0
Fe	234702,3	353247,5	587949,8
Sn	25192,1	44064,0	69256,1
Sc	0,8	1,4	2,2
S	181463,4	385630,1	567093,5
As	66215,0	76425,4	142640,4
Pb	19363,1	124279,8	143642,9
Zn	8309,6	51211,4	59521,0
Bi	7991,4	25893,2	33884,6
Cd	48,4	298,7	347,1
Ga	1,5	1,5	3,0
Sb	12189,8	31847,7	44037,5
Ni	356,5	970,5	1327,0
Co	1974,0	4513,4	6487,4
Cu	64876,8	58282,1	123158,9
Sr	2,6	12,1	14,7
In	43,0	126,0	169,0
Tl	0,2	0,6	0,8
Ag	54,8	393,0	447,8
Hg	0,2	1,1	1,3
Итого	632398,8	1199767,2	1832166,0

Мы установили, что запасы металлов (Sn, W, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi) достаточно велики – тысячи тонн. Некоторые металлы (Ag, Cd, In, Sr и др.), присутствующие в виде изоморфной примеси в ряде минералов, содержатся в хвостохранилищах в количестве до сотен и десятков тонн. Запасы нерудных кремнийсодержащих минералов составляют (тыс. т): кварца – 3640, турмалина – 1040, слюды – 26; тонкоизмельченной вмещающей породы – 4992.

Анализ полученных данных показывает, что в хвостохранилищах больше всего содержится S, Fe, Cu, Pb, As, Sn, Zn, W, Sb и Bi, хотя количество остальных элементов, приведенных в таблице, также существенно. Практически все они имеют важное экономическое значение.

Подсчет запасов полезных компонентов, проведенный по двум отработанным хвостохранилищам (см. таблицу), показывает, что и по основным металлам, и по редким элементам они, как и неотработанные балансовые и забалансовые руды, являются минеральными ресурсами. Они готовы к повторной переработке и извлечению широкого спектра полезных компонентов в промышленных масштабах.

Современная тенденция развития горнодобывающей отрасли подразумевает создание безотходных технологий переработки многокомпонентных руд вплоть до утилизации конечной силикатной составляющей. Следует заметить, что в указанных хвостохранилищах практически половину составляют минералы класса силикатов, которые в настоящее время являются сырьем для получения жидкого стекла и белой сажи (Дроздова М.Н. Извлечение кварца из шламов цеха борной кислоты (отчет) 22-4-49-80. ЦЗЛ ППО «Бор». Дальнегорск, 1980. С. 12–16; Дроздова М.Н. Получение жидкого стекла из местных материалов (отчет). ЦЗЛ КТО ОАО «Бор». Дальнегорск, 2001. С. 14–17). Кроме того, переработанные хвосты можно будет использовать в виде добавок, например в строительстве при производстве кирпича, так как рудные элементы будут извлечены. Все это поможет рационально использовать отходы обогащения руд, причем переработка хвостов и их дальнейшее применение позволят значительно сократить объем отходов, подлежащих рекультивации, и, следовательно, снизит ее себестоимость.

К сожалению, вопреки законодательству РФ, согласно которому недропользователь обязан провести консервацию техногенного объекта, поверхность хвостохранилищ ЦОФ и СОФ Солнечного ГОКа, а позднее ООО «ДВГК» не была своевременно рекультивирована несмотря на прекращение их деятельности. В результате невостребованная часть рудного вещества – хвосты, оказавшись более доступной природным химическим окислителям (воде, кислороду, углекислоте и др.), на протяжении десятилетий (СОФ – 50, ЦОФ – 40 лет) подвергается интенсивному окислению, растворению, преобразованию в другие минеральные формы и водные растворы. Изучение сульфидных минералов в аншлифах (материалах бурения хвостов) показывает, что они в различной степени подверглись процессам окисления, т.е. активность гипергенных процессов в хвостах велика.

Наличие горнопромышленной техногенной системы в Комсомольском оловорудном районе привело к загрязнению атмо-, био- и гидросферы.

Атмосфера подвергается активному загрязнению в непосредственной близости от хвостохранилищ и на расстоянии от них в результате ветрового разноса тонкоизмельченной фракции хвостов, сдуваемых с хвостохранилища и состоящих как из первичных – гипогенных минералов (силикаты железа и свинца, оксиды титана и цинка, халькопирит, галенит, сфалерит и др.), так и из вторичных – гипергенных (борнит, халькозин, куприт, самородные элементы Fe, Cd, As и S, церуссит, англезит и др.) [15–19]. Газовые выбросы в пределах хвостохранилищ и ближайших жилых зон представлены (т/год): сернистым газом – 0,41, окисью углерода – 0,23, двуокисью азота – 0,0065 [4].

Изучение гидрохимических проб рудничных, дренажных, шламовых и речных вод в Комсомольском районе показало, что содержание в них Cu, Pb, Zn, As, Fe, Mn и многих других токсичных элементов в десятки, сотни, тысячи и даже десятки тысяч раз превышает фоновые значения [6, 8, 9]. Следует заметить, что водозабор питьевых вод в п. Горный (Комсомольский район) производится из р. Силенка, которая находится в зоне непосредственного влияния горнопромышленной техногенной системы, куда входят штольни месторождения Солнечное и хвостохранилище СОФ.

Активность гипергенных и техногенных процессов в горнопромышленной техногенной системе высока. В ней из рудничных вод повсеместно отмечается техногенное

минералообразование. рН рудничных вод 2–3, а шламовых, дренажных и даже речных – 4,5. Не очищаемые и ничем не сдерживаемые рудничные и дренажные воды попадают в поверхностные и грунтовые. За более чем полувековое развитие горнорудной промышленности в этих районах изменился гидрохимический фон [6, 8, 9, 13].

Вокруг хвостохранилищ формируются почвенные и биогеохимические аномалии, где величина отклонений, как показали многочисленные исследования, на несколько порядков выше, чем над рудными объектами [1, 2, 11].

Мы установили, что вокруг горнорудного предприятия Комсомольского района сформировалась почвенно-геохимическая аномалия с избыточным содержанием в техногенных почвах тяжелых металлов (ТМ), превышающим ПДК в 2–20 раз и фоновые значения в 2–90 раз (рис. 2). Наибольшие величины суммарного показателя загрязнения почв и коэффициента концентрации характерны для техногенных почв вблизи хвостохранилищ в радиусе 300 м, но зона воздействия распространяется до 20 км. Установлено ухудшение физиологического состояния живых организмов [7, 10, 12, 14]. Высокие концентрации ТМ оказывают негативное влияние и на микрофлору.

По показателям загрязнения водного и воздушного бассейнов Комсомольский оловорудный район характеризуется как территория с катастрофической экологической ситуацией (рис. 2), и границы этой территории с каждым годом расширяются [13].

Так как активность гипергенных процессов велика, например, пирит может окисляться до 800 лет [3], то ожидать в ближайшие десятилетия уменьшения активности гипергенных процессов и улучшения экологической ситуации в районе не приходится.

В заключение следует сказать, что хвостохранилища Комсомольского района – это минеральные ресурсы, содержащие широкий спектр полезных компонентов: Sn, Cu, Pb, Zn, Ag, Bi и других, извлечение и переработка которых полезна с экологической и природоохранной точек зрения. Положительный опыт переработки хвостов (например, в Кавалеровском оловорудном районе) уже имеется. Если этого не сделать, то в ближайшие годы (с учетом скорости окисления) хвосты могут быть потеряны, так как сульфидная

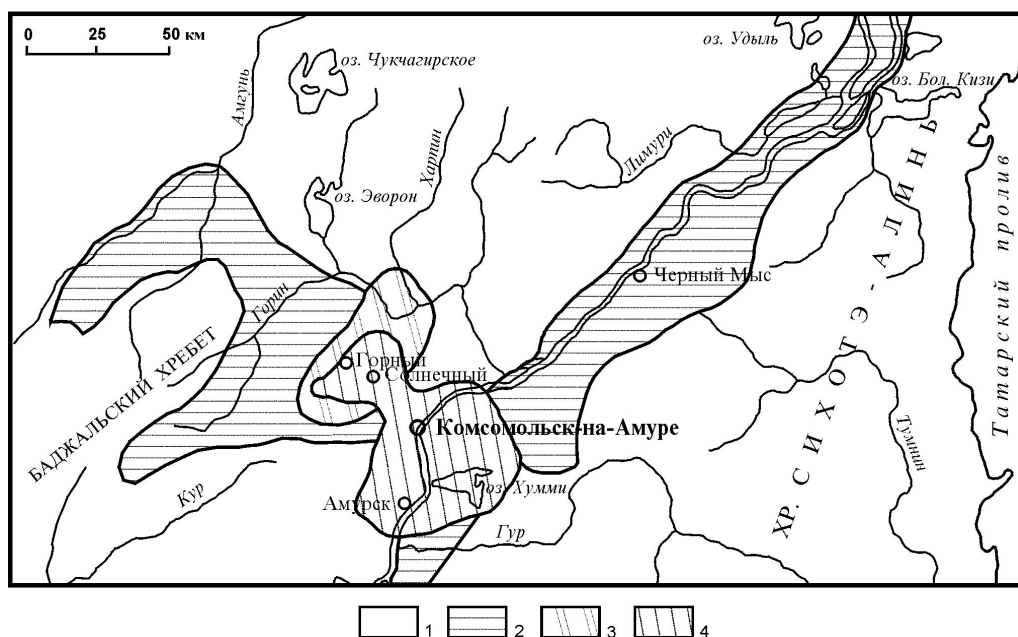


Рис. 2. Геоэкологическая схема Комсомольского района и прилегающих территорий (по данным З.Г.Мирзахановой, И.Д.Дебелой, В.А.Булгакова, 2003 г.). 1–4 – экологические ситуации (по показателям водного и воздушного бассейнов): 1 – удовлетворительная; 2 – напряженная; 3 – критическая; 4 – катастрофическая

составляющая хвостов перейдет в раствор. Это приведет к образованию гипергенных и техногенных минералов, либо элементы, большинство из которых токсичны, в подвижных формах попадут в окружающую среду, что еще больше ухудшит гидрохимический фон района. Кроме того, непоправимый урон экологическому состоянию территории несут размыв хвостов и оврагообразование на хвостохранилищах, а также ветровой разнос. Следовательно, экологические проблемы в Комсомольском оловорудном районе в любой момент могут принять характер катастрофы.

Необходимость рекультивации в районе очевидна, эта проблема обсуждается более десяти лет, однако каждый метод имеет свои недостатки. Рекультивация поверхности хвостохранилищ без извлечения сульфидной составляющей может привести к активизации гипергенных процессов, самовозгоранию и взрывам, как это случилось на Урале [5], так как в результате химических реакций выделяется тепло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия ландшафтов и техногенез. М.: Наука, 1990. 195 с.
2. Борисова В.Н., Бакшеева Л.К., Гетьман Т.А., Ефимов Н.Н. Влияние горнодобывающих предприятий на геохимию окружающей среды на примере Солнечного ГОКа МЦМ СССР // Геохимия техногенеза: тез. докл. 1-го Всесоюз. совещ. Иркутск, 1985. С. 161.
3. Бортникова С.Б. Геохимия тяжелых металлов в техногенных системах (вопросы формирования, развития и взаимодействия с компонентами экосферы): автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2001. 48 с.
4. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 года. Владивосток: Дальнаука, 1992. Ч. 1. 352 с.; ч. 2. 188 с.
5. Емлин Э.Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 254 с.
6. Зверева В.П. Техногенные воды оловорудных месторождений Дальнего Востока // Геоэкология. 2007. № 1. С. 51–56.
7. Зверева В.П. Экологические аспекты техногенных систем оловорудных месторождений Дальнего Востока // Минералогия техногенеза. Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. С. 265–275.
8. Зверева В.П. Экологические последствия гипергенеза и техногенеза на оловорудных месторождениях // Геология и горное дело в Приморье в прошлом, настоящем и будущем: тез. докл. конф., посвящ. 300-летию Приказа рудокопных дел и 50-летию геологической службы Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 29–31.
9. Зверева В.П. Экологические последствия гипергенных процессов на оловорудных месторождениях Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2008. 166 с.
10. Крупская Л.Т., Новороцкая А.Г., Крупский А.В. Геоэкологическая оценка состояния объектов окружающей среды в зоне влияния хвостохранилища ОАО «Солнечный ГОК» // Проблемы региональной экологии. 2010. № 2. С. 29–33.
11. Крупская Л.Т. Оценка воздействия горного производства на почвы Дальнего Востока // Влияние процессов горного производства на объекты природной среды. Владивосток: Дальнаука, 1998. С. 80–86.
12. Лызова А.В. Охрана водных объектов Амурского бассейна – актуальная проблема экологического благополучия Дальневосточного региона // Стратегия развития Дальнего Востока России: материалы конф. 12–13 февр. 2003 г. Хабаровск. – <http://www.festrategy.ru/materials.php?action=show&id>
13. Мирзаханова З.Г., Дебелая И.Д., Булгаков В.А. Тенденция изменения геоэкологической обстановки в Хабаровском крае // География и природ. ресурсы. 2003. № 1. С. 93–99.
14. Растинина Н.К., Крупская Л.Т. О роли экологических факторов в изучении здоровья населения горняцких поселков на юге Дальнего Востока // Экология и промышленность России. 2008. № 12. С. 56–57.
15. Туресебеков А.Х., Климанов Е.В., Джураев А.Д. и др. Минералогия токсикантов в эндогенных, экзогенных, техногенных и урбанизированных системах // Роль минералогических исследований в решении экологических проблем: материалы к годовичному собранию ВМО, 22–30 мая 2002 г., Москва. М.: РИЦ ВИМС, 2002. С. 181–183.
16. Туресебеков А.Х., Джураев А.Д., Климанов Е.В. и др. Экологическая минералогия в эндогенных, экзогенных и техногенных системах // Роль минералогических исследований в решении экологических проблем: материалы к годовичному собранию ВМО 22–30 мая 2002 г., Москва. М.: РИЦ ВИМС, 2002. С. 179–181.
17. Glowiak B., Zwozdiak A., Zwozdiak J. Studies of atmospheric pollution contributed by air-borne copper and zinc particulates around a copper smelter // Environ. Prot. Eng. 1979. Vol. 5. P. 145–154.
18. Harrison R.M., Williams C.R. Physico-chemical characterization of atmospheric trace metal emissions from a primary zinc-lead smelter // Sci. Total Environ. 1983. Vol. 31. P. 129–140.
19. Scokart P.O., Meens-Vardinne K., De Borger R. Mobility of heavy metals in polluted soils near zinc smelter // Water, Air, Soil Pollut. 1983. Vol. 20. P. 461–463.