

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТВАЛОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА ШЛАКОВОГО ОТВАЛА НТМК)

Захаров А. В., Гуман О. М., Макаров А. Б., Антонова И. А., Ли Т. И.

Локальный экологический мониторинг окружающей среды НТМК предусматривает изучение всех компонентов природной окружающей среды: атмосферного воздуха, снегового покрова, почв, растительности, поверхностных и подземных вод. В результате выполненных исследований выявлено локальное воздействие отвалов на прилегающую территорию и ее загрязнение комплексом тяжелых металлов (концентрации которых в целом невысокие), тенденции поступления металлов из отвала в окружающую среду слабые, для почв характерна допустимая категория загрязнения.

Ключевые слова: комплексный экологический мониторинг; шлак; отвалы; черная металлургия; окружающая среда.

Введение в последние годы систем экологического мониторинга в практику работы крупных горнорудных и металлургических предприятий позволяет оценить их воздействие на природную окружающую среду, управлять этими процессами и, в конечном счете, способствовать решению проблем создания экологически чистых производств [1, 2, 3]. Изменение компонентов природной окружающей среды в значительной степени зависит от продолжительности воздействия и наиболее интенсивно проявляется в пределах старых горнорудных районов Урала, особенно это актуально для центральной части горно-промышленного района Урала – территории города Нижнего Тагила.

К наиболее сильным и необратимым изменениям здесь относятся изменения геологической среды, связанные с добычей полезных ископаемых. На территории города находится 6 отработанных месторождений железных и медноколчеданных руд. Вследствие длительной разработки месторождений естественный ландшафт преобразован в горнотехнический. Площадь земель, занятых горными отводами в пределах городской черты, составляет 30 %, глубина отработанных карьеров – от 50 до 280 м. В результате почти трехвековой деятельности Высокогорского железного рудника, а затем одноименного горно-обогатительного комбината, отвалы пустых пород и шламохранилища размещены на 597,4 га. В них накоплено 91,4 млн м³

техногенно-минеральных образований. Здесь активно проявляются инженерно-геологические процессы: происходят оползни, осыпи в бортах карьеров и на откосах отвалов, отмечается интенсивное пыление обезвоженных шламоотстойников. Качество рекультивируемых отвалов находится на низком уровне, они являются постоянно действующими источниками загрязнения. Ежегодный валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух города составляет 600 тыс. т, уровень пылевого загрязнения составляет 450–800 кг/км² в сутки, что выше фонового в 40 раз [4].

Значительный вклад в ухудшение экологической ситуации вносят и шлакоотвалы металлургического производства.

В результате воздействия отвалов на окружающую среду происходит ухудшение качества, нарушение и отчуждение земель, изменение состава и свойств геологической среды, загрязнение природных вод атмосферы, изменение растительного мира и нарушение сложившегося гидробаланса. Главный источник загрязнения – складированные в отвалах техногенные образования – характеризуются значительными концентрациями тяжелых металлов, обуславливающих механическое и химическое загрязнение прилегающих территорий, при этом наиболее высокие содержания металлов выявляются в верхнем слое почв, что способствует их усвоению растениями. Для оценки динамики поступления тяжелых металлов отвалов в

окружающую среду и уровня загрязнения ее компонентов в последние годы активно разрабатываются и внедряются системы экологического мониторинга.

Шлаковый отвал ОАО «ЕВРАЗ НТМК» состоит из отвала доменных шлаков и отвала сталеплавильных шлаков. Оба отвала являются действующими, функционируют с 1949 года. Длина отвалов 1200 м, ширина около 1000 м. Отвал доменных шлаков находится на левом берегу р. Сухая Ольховка, сформирован на естественном рельефе путем сливания шлаков по откосу. Отвал занимает площадь 0,61 км², максимальное превышение над естественным рельефом – 38 м, в нем складированы передельный ванадиевый и литейный доменные шлаки, в западной части – мелкие фракции переработки шлаков.

Отвал сталеплавильных шлаков находится к северо-востоку от отвала доменных шлаков на левом берегу р. Сухая Ольховка, образован также на естественном рельефе путем слива шлаков по откосу. Площадь отвала 0,74 км², максимальное превышение над естественным рельефом – 37 м. В отвал складировались конвертерный, сталеплавильный, сварочный шлаки, шламы доменного производства [6].

Общий объем складированных в отвалах отходов – 54,3 млн т. По химическому составу отходы ОАО «ЕВРАЗ НТМК» состоят из оксидов кремния (10–30 % SiO₂), кальция (30–40 % CaO), алюминия (5–15 % Al₂O₃), магния (10–15 % MgO). Выполненный ранее анализ складированных отходов в отвале на р. Сухая Ольховка показал, что наиболее потенциально опасными элементами, влияющими на окружающую среду, являются тяжелые металлы, имеющие высокое содержание в рудах месторождения, агломерате и шлаках [4, 5]. К ним относятся железо, ванадий, титан, марганец, хром, медь и цинк. Доменные шлаки отвала в настоящее время перерабатываются в цехе переработки шлаков.

Базовый этап экологического мониторинга шлакового отвала, включающий получение фоновых параметров компонентов окружающей среды и обоснование системы монито-

ринга, был выполнен в СОО ОО МАНЭБ А. И. Семячковым и др. Последующие исследования, включающие опробование, выполнены авторами статьи.

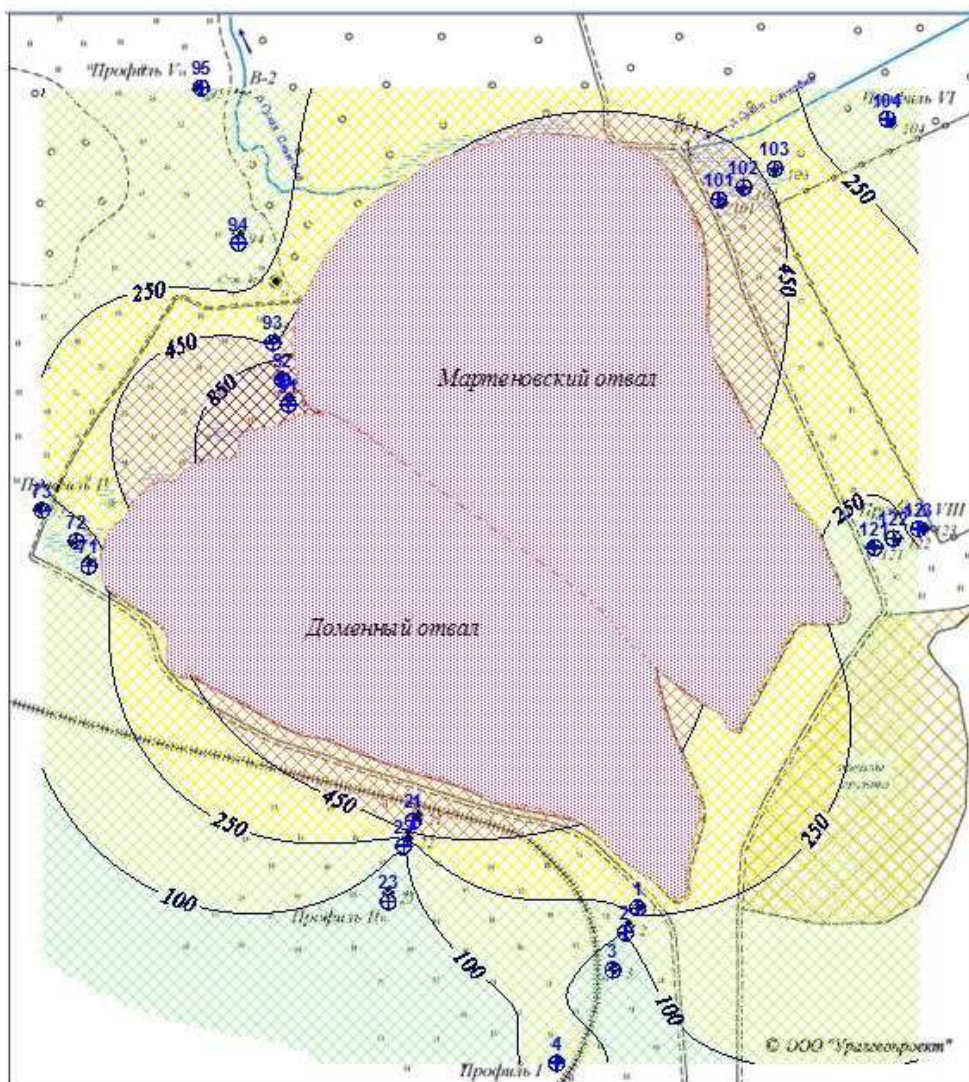
Опыт ведения мониторинга вокруг шлакового отвала ОАО «ЕВРАЗ НТМК» позволил получить ряд закономерностей. По результатам мониторинговых исследований за составом атмосферного воздуха в районе шлакового отвала ОАО «ЕВРАЗ НТМК» выявлено, что шлаковый отвал оказывает влияние на загрязнение атмосферного воздуха по взвешенным веществам: оксиду марганца, железу, цинку, меди. Воздействие шлакового отвала на состояние атмосферного воздуха проявилось также в запыленности снегового покрова вокруг шлакового отвала до очень высокого уровня загрязнения по пыли. В пылевой фракции снега в 2011 г. были выявлены высокие содержания (в порядке убывания концентрации) железа, марганца, ванадия цинка, хрома, меди.

Результаты расчета пылевой нагрузки на снеговой покров на территории, прилегающей к шлаковому отвалу в 2012 г., показали, что значение геохимической нагрузки на снеговой покров составило от 0 до 69,2 кг/км² в сутки в юго-юго-западном направлении от отвала до 1544,7 кг/км² в сутки в северо-западном направлении (рис. 1). Шлаковый отвал воздействует на состояние атмосферного воздуха и почв на расстоянии 150–350 м, в основном по направлению преобладающих ветров. Это подтверждается подфакельными исследованиями атмосферного воздуха в зоне влияния шлакового отвала, выполненными ФГУП «ЦЛАТИ» по Уральскому региону в летний период. Так, в 2012 г. концентрации взвешенных веществ, железа оксида (III) (в пересчете на железо), марганца и его соединений (в пересчете на оксид марганца (IV)), оксида цинка (в пересчете на цинк), оксида меди (II) (в пересчете на медь) в атмосферном воздухе в зоне влияния шлакового отвала на р. Сухая Ольховка на расстоянии более 1 км ниже предельно-допустимых значений.

Расчет доли водорастворимой фазы показал, что для ванадия это значение достигает

40,4 %, для меди – 13 %, для цинка – 20 %, что свидетельствует о высоком уровне их миграции в окружающую среду; остальные элемен-

ты накапливаются в основном в труднорастворимой пылевой фазе: доля железа достигает 0,4 %, марганца – 3,0 %, хрома – 1,2 %.



Уровень загрязнения снежного покрова по выпадению пыли (кг/км² в сутки)



Рис. 1. Уровень загрязнения снегового покрова пылью на территории, прилегающей к шлаковому отвалу ОАО «НТМК»:

0–100 – низкий; 100–250 – средний; 450–850 – высокий; > 850 – очень высокий

Содержания подвижных форм металлов в пробах почв в зоне влияния шлаковых отвалов по гумусовому горизонту превышают значения ПДК по марганцу в 1,7–6,5 раз, по цинку от 1,4 раза, подвижных форм меди и хрома в почвах не превышают значений ПДК. Условно-фоновые значения превышают ванадий – от 1,2 до 14,8 раз, железо – от 1,5 до 5,6 раза.

Содержания подвижных форм металлов в иллювиальном горизонте превышают значения ПДК по марганцу от 1,2 до 2,0 раза. Содержания подвижных форм цинка, хрома и меди в пробах иллювиального горизонта не превышают значений ПДК. Условно-фоновые значения по железу превышены от 2,6 до 3,5 раз. Анализ распределения валовых форм ме-

таллов в иллювиальном горизонте почв показал, что содержание ванадия, марганца и хрома здесь ниже, чем в гумусовом горизонте, но их значения также превышают ПДК: ванадия – до 1,51 ПДК, марганца – до 1,16 ПДК. В то же время, содержания подвижных форм металлов низкие, за исключением марганца.

Максимальные концентрации тяжелых металлов связаны, по нашему мнению, как с выбросами ОАО «ЕВРАЗ НТМК» и пылением с поверхности шлакового отвала, так и с применением ранее материала шлакового отвала для отсыпки грунтовой дороги.

Пробы почв (гумусовый горизонт), отобранные в 50 и 150 м от отвала, были промыты для последующего изучения их минеральной части. В первой пробе (50 м от отвала) вес сухой пробы составил 1,236 кг, минераль-

ной части – 186,61 г (15,1 %), для второй (150 м от отвала) соответственно 1,426 кг и 166,79 г (11,7 %). После промывки проб была отобрана магнитная фракция.

В немагнитной фракции присутствуют зерна главных породообразующих минералов: роговой обманки, граната, эпидота, кварца, полевых шпатов и обломки пород. В магнитной фракции кроме магнетита выявлено небольшое количество магнитных сфер (рис. 2), других металлических включений нет. Значимых различий в составе проб не выявлено.

Одновременно изучался состав растительности в тех же пунктах контроля снегового покрова и почв. Содержание тяжелых металлов в растительном покрове приведено в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в растительном покрове

№ п/п	Профиль	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
		V	Fe	Mn	Cu	Cr	Zn
1	I (4 пробы)	22,5–36,0	762–1196	73,7–156	4,0–12,5	11,4–18,5	21,3–35,7
		30	987,25	99,125	6,83	15,15	28,23
2	II (3 пробы)	9,2–14,6 12,2	367–543	60,3–135	3,1–4,3	6,4–10,7	16,3–20,8
			464,2	91,07	3,6	8,3	18,2
3	IV (3 пробы)	14,0–36,6	489–1416	92,3–130	4,0–7,5	8,0–21,3	25,2–35,0
		25,53	924,33	111,43	6,23	13,86	31,37
4	V (5 проб)	22,1–48,9	840–1622	76,5–120	4,6–9,5	9,8–19,8	22,9–33,0
		35,82	1173	92,3	6,78	13,96	28,06
5	VI (4 пробы)	18,9–32,8	665–1142	98,3–201	4,6–5,7	9,2–13,2	25,8–52,8
		26,4	951	134	5,2	11,6	34,8
6	VIII (3 пробы)	47,9–87,0	1388–2342	113–145	5,3–11,7	26,1–50,2	26,1–50,2
		63,7	1750	126	8,1	18,7	40,3
7	Наземные растения [6]	1,6	140	630	14	0,23	100

В числителе приведено минимальное и максимальное содержание по профилю, в знаменателе – среднее содержание.

Сравнение средних содержаний тяжелых металлов с содержанием химических элементов в наземных растениях показывает, что растительность вблизи отвалов обогащена ванадием, железом, хромом; содержание марганца, меди и цинка не превышает содержания в наземных растениях. Отметим, что при проведении исследований угнетения растительности вблизи отвала не выявлено.

По результатам мониторинговых исследований за составом подземных вод в районе шлакового отвала ОАО «ЕВРАЗ НТМК» в

2010–2012 гг. выявлено загрязнение подземных вод по величине сухого остатка, содержанию сульфатов и марганца. Содержания железа (общ.), ванадия, меди, цинка, нефтепродуктов и фенола не достигают предельно-допустимых значений. Результаты биотестирования подземных вод показали, что исследуемые пробы не оказывают острого токсичного действия для гидробионтов.

Химический состав подземных вод в зоне влияния шлакового отвала сульфатный магниевый-кальциевый (рис. 3), воды солоноватые с минерализацией (по сухому остатку)

1,49–1,58 г/дм³, слабокислые с рН 6,22–6,45, очень жесткие при величине общей жесткости 19,2–20 °Ж. В воде выявлены высокие, превышающие предельно-допустимые, содержания сульфатов – до 760 мг/дм³ (1,5

ПДК), марганца – до 0,15 мг/дм³ (1,5 ПДК), магния – до 66 мг/дм³ (1,3 ПДК), железа – до 3,8 мг/дм³ (12,7 ПДК).

В воде сохраняется тенденция к увеличению минерализации и содержания сульфатов,



Рис. 2. Магнитные сферы в почвах (32-кратное увеличение)

уменьшению содержания железа и марганца.

В поверхностных водах ниже по течению р. Сухой Ольховки в зоне влияния шлакового отвала происходит увеличение в воде сухого остатка, содержания взвешенных веществ, хлоридов, сульфатов, натрия, калия, аммо-

ния, нитритов, железа (общ.), ванадия, меди, хрома, фенола, величины окисляемости воды, происходит защелачивание поверхностных вод (рис. 4).

Результаты экологического мониторинга шлаковых отвалов НТМК показали их ком-

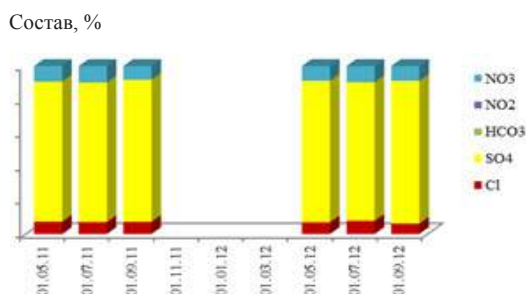
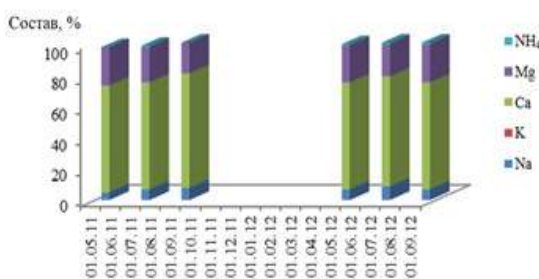


Рис. 3. Макрокомпонентный химический состав подземных вод в зоне влияния шлакового отвала

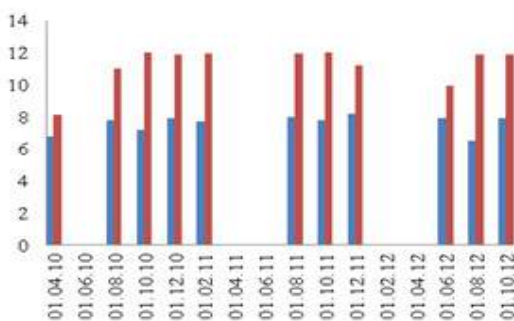


Рис. 4. Изменение рН поверхностных вод р. Сухой Ольховки

плексное воздействие на природную окружающую среду, выражающееся в высокой пылевой нагрузке на прилегающую территорию, загрязнении почв, поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами. В то же время в почвах не выявлено высоких концентраций тяжелых металлов, аналогичным комплексом тяжелых металлов (V, Fe, Cr) обладает и наземная растительность. Для почв преимущественно характерна допустимая категория

загрязнения, преимущественно для верхнего слоя, ореолы загрязнения не выходят за пределы санитарно-защитной зоны, что характерно и для изученных ранее объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуман О. М., Долинина И. А., Макаров А. Б. Геоэкологические условия района размещения шлакоотвала и отстойника-шламонакопителя Серовского металлургического завода // Изв. УГГГА. Вып.15. Сер. «Геология и геофизика». 2002. С. 263–272.
2. Гуман О. М., Макаров А. Б., Захаров А. В. Особенности локального мониторинга окружающей среды объектов горнопромышленного производства (на примере Среднего Урала) // Изв. вузов. Горный журнал. 2007. № 2. С. 56–59.
3. Макаров А. Б., Талалай А. Г. Техногенно-минеральные месторождения и их экологическая роль // Литосфера. 2012. № 1. С 172–176.
4. Переработка техногенных образований – эффективный путь реабилитации горнопромышленных территорий / В. П. Бобров [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 72 с.
5. Семячков А. И., Фоминых А. А., Почечун В. А. Мониторинг и защита окружающей среды железорудных горно-металлургических комплексов. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН. 2008. 243 с.
6. Справочник по геохимии / Г. В. Войткевич [и др.]. М.: Недра, 1990. 480 с.

Захаров Андрей Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук, преподаватель кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Гуман Ольга Михайловна – доктор геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Макаров Анатолий Борисович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Антонова Ирина Александровна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Ли Татьяна Игоревна – аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: Tanyali90@mail.ru