

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА УРАЛА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

З. М. Боброва, О. Ю. Ильина, Г. А. Студенок, Е. М. Цейтлин

В статье рассмотрены вопросы негативного воздействия металлургических и горных предприятий Среднего и Южного Урала на водные ресурсы. Определены характерные загрязнители для предприятий минерально-сырьевого комплекса, в том числе черной, цветной металлургии и предприятий по добыче строительных материалов. Приведена информация о загрязнении водных объектов, в числе прочего металлами, соединениями азота, сульфатами, марганцем и другими веществами. Рассмотрены основные причины их загрязнения и мероприятия по снижению негативного воздействия. С использованием информации о превышениях концентрации загрязняющих веществ относительно предельно допустимой концентрации и качестве поверхностных вод для Южного и Среднего Урала показана высокая степень загрязнения многих уральских рек. Рассмотрены мероприятия по снижению негативного воздействия на водные ресурсы Урала, которые в 2014 году запланировали и (или) внедрили крупнейшие горные и металлургические предприятия региона, такие как Магнитогорский металлургический комбинат, Учалинский горно-обогатительный комбинат, Ураласбест, Гайский горно-обогатительный комбинат, Сибайский горно-обогатительный комбинат, Нижне-Тагильский металлургический комбинат. Показана необходимость разработки современных, эффективных способов очистки сточных вод с извлечением ценных компонентов для обеспечения рационального природопользования на предприятиях Среднего и Южного Урала. Авторами предложена возможность использования существующих техногенных выработок для очистки дренажных вод (например, отработанных карьеров) и показана необходимость своевременного решения вопросов сохранения режима функционирования и защиты поверхностных вод от загрязнения и истощения.

Ключевые слова: водные ресурсы; загрязняющие вещества; негативное воздействие; дренажные воды; сточные воды; природоохранные мероприятия.

Рациональное использование природных ресурсов, снижение уровня загрязнения окружающей среды выбросами, сбросами и отходами определены как стратегические задачи в области охраны окружающей среды и природопользования Федеральным законом № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды», «Стратегией национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г.», утв. Указом Президента Российской Федерации от 12.05.2009 № 537 и другими документами.

Добывающее и перерабатывающее производство полезных ископаемых на Среднем и Южном Урале, в том числе горнорудный передел, а также обрабатывающие производства обуславливают высокую концентрацию промышленных предприятий металлургического и нефтехимического профиля в Республике Башкортостан, Свердловской и Челябинской областях.

На Урале по черным и большинству цветных металлов имеются проекты развития горнодобывающих мощностей, которые снизят зависимость от импорта сырья и обеспечат металлургические предприятия региона минеральным сырьем. В долгосрочной программе на период до 2020 г. предполагается увеличить объем добычи железорудного сырья до 320 млн т. Объем добычи бокситов, расположенных на значительных глубинах (более 600 м), в 2020 г. прогнозируется на уровне 11,5 млн т. Основными предприятиями, отрабатывающими медные месторождения на Урале, являются ОАО «Гайский ГОК», ОАО «Учалинский ГОК», ОАО «Башкирский МСК», ООО «Сафьяновская медь – Медин». Медеплавильные и рафинированные заводы Уральского региона в условиях дефицита меди в концентратах в последние годы используют вторичное и техногенное сырье. Для поддержания действующих мощностей ОАО «Учалинский ГОК» в объеме 4,6 млн т руды предусматривается вовлечение в эксплуатацию ряда новых месторождений (Западно-Озерное и др.). ОАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» – одно из крупнейших в России горнодобывающих предприятий, являющееся основной рудной базой холдинга «УГМК». Гайский ГОК разрабатывает богатейшее Гайское месторождение меди в Оренбургской области, достигая мощности фабрики до 8 млн т в год. Дефицит цинкового сырья к 2020 г., исходя из прогнозируемых объемов производства металлического цинка, потребность которого оценивается в более чем 500 тыс. т, будет почти полностью устранен введением новых горнорудных мощностей, в том числе в Республике Башкортостан. В Свердловской области на базе специализированного горнорудного предприятия ОАО «Малышевское рудоуправление» предполагается освоение месторожде-

ний по добыче молибдена¹. Одним из основных предприятий черной металлургии Уральского региона является ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (НТМК). Объем производства готовой продукции (чугун, чушковый чугун, сталь, непрерывнолитая заготовка, прокат и др.) на данном предприятии составляет в среднем 15–20 млн т в год [1].

На горнорудных предприятиях продолжается тенденция постоянного ухудшения геологических и горнотехнических условий разработки месторождений: усложнение горных работ на большой глубине, транспорт руды на дробильно-обогажительные фабрики и вскрышных пород отвалы, сбросы рудничных сточных вод [2, 3].

К увеличению масштабов добычи полезных ископаемых и, как следствие, объемов складированных вскрышных пород и отходов приводят такие объективные явления, как:

- снижение содержания целевого компонента в разрабатываемых месторождениях;
- рост масштабов обогащения руд;
- наличие высоких требований к качеству подготовленного для металлургического передела сырья и др.

Одним из определяющих факторов воздействия предприятий минерально-сырьевого комплекса на окружающую среду в целом и на водные ресурсы в частности является вид полезного ископаемого. Так, при добыче железных руд в водные объекты могут поступать такие высокотоксичные и токсичные вещества как As, Sb, Pb, Hg, Cu, Zn, S, Au, Ar, Mn, Ni, Co, V, Sc, SO₄, P, Cl, при добыче медных руд – U, Cd, As, Zn, Pb, Hg, Mo, Se, Te, Sb, Zr, Fe, Cu, Zn, V, SO₄, Al, Cl, при добыче марганцевых руд – U, Pb, Fe, Mn, Sc, P, Cl, при добыче строительных материалов – Rn, U, Th, а, S, Fe, Cl [4].

Воздействие отвалов и формирующихся подотвальных вод на окружающую среду и функционирование природно-промышленных систем требует разработки дополнительных мер по охране атмосферы, земель и водных ресурсов [5]. Характерным для горнодобывающего сектора воздействием на водные ресурсы является сброс дренажных карьерных и шахтных вод в водные объекты. Вопросы защиты воздушного бассейна от загрязнения занимают ведущее место в природоохранительных мероприятиях, чего нельзя сказать о проблемах по воздействию на качество (в результате инфильтрации

токсичных веществ) и режим функционирования подземных и поверхностных вод [6].

Горнорудные предприятия Урала расположены на водоразделе бассейнов рек Тобола, Урала и Камы, Волги и Оби. Негативное воздействие промышленных предприятий особенно ощутимо сказывается на экологическом состоянии малых рек. Речная сеть региона уникальна: реки текут здесь преимущественно своими верховьями, поэтому они небольших размеров и маловодны. Качество поверхностных вод в пределах бассейнов этих рек формируется под влиянием гидрохимического состава подземных вод, сбросов сточных вод с промышленных объектов, поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, лесов и территорий населенных пунктов, а также транзита загрязняющих веществ из сопредельных областей. Юго-западные районы Челябинской области занимает бассейн реки Урал. Бассейн реки Тобол в восточной части Челябинской области формируют реки Миасс, Уй, Тогузак, Теча, Аят, Синташта и др.

Реки Исеть, Пышма, Чусовая, Худолаз характеризуются как «экстремально грязные», содержащие в воде Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, сульфаты и др., многократно превышают значения ПДК [7]. Реки Тобол, Урал, Миасс, Нейва, Ай, Блява – «очень грязные»².

В Республике Башкортостан по программе мониторинга донных отложений в 2014 г. дважды были обследованы вода и донные отложения рек бассейна р. Белой (р. Белая, Уфа, Нугушское водохранилище), бассейна р. Урал (р. Таналык, р. Худолаз), бассейна р. Оби (р. Буйды).

Качество воды и донных отложений р. Белой изучалось от её верховьев (дер. Махмутово) до границы с Республикой Татарстан (дер. Андреевка).

На всём изучаемом участке р. Белой зафиксированы превышения нормативов качества воды по меди до 13 ПДК и марганцу до 8 ПДК, практически во всех – по цинку до 9 ПДК, железу до 8 ПДК, в некоторых створах – по алюминию, стронцию, ванадию, аммонийному азоту, сульфатам, нитритам, хлоридам, сухому остатку. На обследованном участке р. Уфа от границы со Свердловской областью зафиксированы превышения нормативов качества воды по меди, цинку, марганцу, алюминию, железу, ванадию, аммонийному азоту.

¹ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году»; Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>; Приказ Минпромторга РФ от 05.03.2014 № 839 «Об утверждении Стратегии развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года и Стратегии развития цветной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года». URL: <http://docs.cntd.ru/document/420204426>

² Здесь и далее использованы материалы Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» в 2013 и 2014 гг., а также годового отчета Магнитогорского металлургического комбината за 2013 г., URL: http://mmk.ru/upload/iblock/eff/Annual_report_MMK_2013_ru.pdf и «Доклада об экологической ситуации на территории республики Башкортостан в 2014 году», URL: <https://www.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/259193>

Реки Таналык и Худолаз загрязнены, в основном, неорганическими соединениями: тяжелыми металлами, сульфатами, что характерно для горнорудных районов. Степень токсичности воды р. Таналык и р. Худолаз в летнюю межень умеренная во всех изученных створах, а осенью изменяется до высокой.

Вода и донные отложения р. Буйды (бассейн р. Обь) в районе расположения технологического пруда Учалинского горно-обогатительного комбината характеризуется высоким содержанием Cu, Zn, Mn, Fe, Al, Cd, Pb, сульфатов.

В поверхностных водах ниже по течению р. Сухая Ольховка в зоне влияния шлакового отвала ОАО «НТМК» происходит увеличение содержания в воде сухого остатка, содержания взвешенных веществ, хлоридов, сульфатов, натрия, калия, аммония, нитритов, железа (общ.), ванадия, меди, хрома, фенола [8].

Отдельно отметим, что типичными загрязнителями, содержание которых в дренажных водах превышает ПДК, являются соединения азота – аммонийный, нитритный и нитратный азот, появляющиеся вследствие использования взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры для подготовки горной массы к экскавации.

Основными причинами поступления соединений азота в дренажные воды горных выработок являются растворение и вымывание нитрата аммония при зарядке обводнённых скважин, а также вымывание атмосферными осадками оксидов азота, образующихся при взрывах и сорбированных взорванной горной массой [9].

Так, концентрации соединений азота в дренажных водах карьера «Центральный» ОАО «Ураласбест» в Свердловской области характеризуются превышением соответствующих нормативов ПДК в диапазоне от 3 до 130 ПДК³.

Мониторинговые исследования в некоторых регионах России указывают на миграционные почвенные процессы токсичных веществ, при этом выявлен факт большей токсичности глубинного слоя почвы по отношению к поверхностному слою. Пути попадания в подземные водные горизонты в результате инфильтрации веществ можно выявить только проведением длительных наблюдений и качественного и количественного анализа с применением высокоэффективных аналитических методик.

Таким образом, на антропогенных территориях, прилегающих к горнодобывающим комбинатам, очевидно влияние формирующихся подотвальных вод на качество поверхностных водных объектов, обуславливающее высокое содержание

ионов различных элементов в контрольных створах речной сети Уральского региона [1, 3, 10].

По данным «Государственного доклада о состоянии окружающей среды в РФ за 2014 г.» объем сброса сточных вод снизился на 10,3 % (с 16,5 млрд м³ до 14,8 млрд м³), при этом за последние 5 лет доля проб, не отвечающих гигиеническим показателям, составляет около 10 %, по санитарно-химическим показателям – более 17 % (табл. 1).

Сведения о субъектах федерации Уральского региона с наибольшим объемом сбросов загрязненных сточных вод в 2013 г. приведены в табл. 2.

Доля загрязненных сточных вод в общем объеме сбросов в УрФО составляет 55 %, Приволжском ФО – 37,6 %. Как видно из таблиц, объемы сбросов загрязненных сточных вод, в том числе сброшенных без очистки, значительны.

Из года в год остается высоким число створов с высоким уровнем загрязненности воды, т. е. среднегодовая концентрация одного или более загрязняющих веществ превышает 10 ПДК. Основными причинами неудовлетворительного качества воды являются: отсутствие на многих предприятиях необходимых очистных сооружений; недостатки при проектировании и формировании отвальных хозяйств (например, отсутствие экранирующего слоя для защиты подземных водоносных горизонтов); сброс неочищенных сточных вод предприятий и ливневых стоков с территорий больших городов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий; скопление больших объемов загрязняющих веществ в донных отложениях, являющихся источниками вторичного загрязнения поверхностных вод.

Отметим, что наряду с отмеченной ранее высокой загрязненностью дренажных вод горнодобывающих предприятий соединениями азота важным фактором, определяющим их воздействие на водные ресурсы, является их значительный объем, прямо пропорциональный площадям горных выработок и количеству атмосферных осадков, выпадающих на эти площади. Так, например, за период 2004–2013 гг. средний годовой объем дренажных вод ОАО «Ураласбест», загрязненных соединениями азота, отведенный без очистки в р. Большой Рефт, составил около 6 млн м³/год.

Жесткие требования природоохранного законодательства в части качества отводимых сточных, в том числе дренажных вод в водные объекты зачастую приводят горнодобывающие предприятия, в том числе ОАО «Ураласбест», к многомиллионным платежам за загрязнение водных ресурсов и ставят перед предприятиями вопрос о его снижении и минимизации.

³ Здесь и далее данные по ОАО «Ураласбест» взяты из проектной документации по строительству очистных сооружений предприятия.

Таблица 1 | Динамика изменения объема сброса сточных вод в РФ за 2010–2014 гг.

	2010	2011	2012	2013	2014
Общий объем загрязнённых (без очистки и недостаточно очищенных) сточных вод, млрд м ³ /год	16,5	16,0	15,7	15,2	14,8

Таблица 2 | Объем сброса сточных вод для Свердловской и Челябинской областей и Республики Башкортостан за 2013 г.

Субъекты федерации	Объем сбросов загрязненных сточных вод, млн м ³
Республика Башкортостан	305,1
Челябинская область	712,77
Свердловская область	686,79

В 2014 г. водопользователями региона выполнены следующие наиболее крупные водоохранные мероприятия.

На территории Сибайского филиала ОАО «Учалинский ГОК» завершено строительство трубопровода для отведения ливневых стоков в оборотное водоснабжение обогатительной фабрики. С 17 июня 2014 г. сброс ливневых сточных вод с промплощадки обогатительной фабрики Сибайского филиала ОАО «Учалинский ГОК» в р. Карагайлы прекращен. Экологический эффект – снижение сброса загрязненных сточных вод ориентировочно на 70,0 тыс. м³/год. Затраты на выполнение данного мероприятия составили 0,15 млн руб. На ОАО «Учалинский ГОК» продолжена реконструкция очистных сооружений промышленных сточных вод Учалинской площадки. Общие затраты составили 57,801 млн руб.

В ООО «Башкирская медь» начата разработка рабочей документации на строительство очистных сооружений промышленных сточных вод. Затраты составили 3,7 млн руб.

Начата модернизация действующих очистных сооружений шахтных и подотвальных вод Сибайского и Камаганского карьеров Сибайского филиала ОАО «Учалинский ГОК». Использовано средств на сумму 1,42 млн руб.

Затраты ОАО «Сибайский ГОК» на разработку регламента по очистке карьерных вод Худолазского месторождения известняков составили 1,55 млн руб.

На территории ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) реализованы следующие мероприятия:

– проведена гидромеханизированная очистка донных отложений левобережного отстойника и отстойника в устье северного канала промлив-

нестоков (затраченная сумма – 37,0 млн руб.);

– выполнен проект системы аэрации сточных вод в отстойнике в устье северного канала и левобережном отстойнике промливнестоков (затраченная сумма – 32,0 млн руб.);

– запущен в эксплуатацию комплекс по обезвоживанию конвертерных шламов (затраченная сумма – 370,0 млн руб.);

– осуществлено строительство двух дренажных насосных станций № 1 и 2 по возврату в прудок-отстойник шламохранилища № 2 ГОП фильтрационных вод тела плотины (затраченная сумма – 50,0 млн руб.).

Основными загрязняющими веществами, сбрасываемыми в водные объекты в результате производственной деятельности ОАО «ММК», являются железо, марганец, цинк, нефтепродукты, сульфаты, фториды и др. [2, 3]. Валовые сбросы загрязняющих веществ (по 7 выпускам) в водные объекты относительно 2013 г. сократились на 14,3 тыс. т (на 14 %) и составили 90 тыс. т.

В соответствии с экологической программой ОАО «ММК» на 2014 год выполнено 50 технических мероприятий (10 находятся в стадии выполнения) различной степени сложности, направленных на сокращение и предотвращение негативного воздействия на окружающую среду. Фактические затраты на реализацию программы составили 1671,7 млн руб., из них:

– 1124 млн руб. – на реализацию мероприятий по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (в том числе на капитальное строительство – 1039,7 млн руб.);

– 345,0 млн руб. – на реализацию мероприятий по снижению сбросов загрязняющих веществ в водные объекты (в том числе на капитальное строительство – 294,8 млн руб.);

– 202,7 млн руб. на реализацию мероприятий по утилизации промышленных отходов и рекультивацию (в том числе на капитальное строительство – 185,6 млн руб.).

Как видно, на решение вопросов охраны водных ресурсов направляется в 3 раза меньше средств, по сравнению с охраной атмосферы, чем отчасти можно объяснить отнесение р. Урал к «очень грязным».

В настоящее время в научных изданиях публикуются разработанные с учетом современных требований методы защиты водных объектов от загрязнения с последующим использованием извлекаемых соединений из подотвальных, рудничных, сточных вод горнорудных предприятий [1]. Для очистки дренажных вод горнодобывающих предприятий от соединений азота перспективным представляется биохимический метод очистки в присутствии естественной природной микрофлоры, для которой соединения азота являются пита-

Таблица 3. Динамика изменения концентраций соединений азота в дренажных водах после выдержки в отработанной горной выработке за 2014-2015 гг. (мг/дм³)

Год	Дренажные воды карьера, мг/дм ³		Дренажные воды после выдержки в отработанной горной выработке, мг/дм ³		Эффективность очистки, %	
	Аммонийный азот	Нитритный азот	Аммонийный азот	Нитритный азот	Аммонийный азот	Нитритный азот
2014	7,39	3,65	0,58	0,60	92	84
2015	5,81	3,78	0,19	0,20	97	95

тельной средой. Опыт ОАО «Ураласбест», использующего для очистки дренажных вод карьера их выдержку в отработанной горной выработке, приводит к эффективному снижению наиболее опасных форм азота – аммонийной и нитритной – на 97 % и 95 % соответственно (табл. 3).

Отдельно хотелось бы отметить, что объекты размещения отходов минерально-сырьевого комплекса чаще всего одновременно являются и техногенными месторождениями полезных ископаемых [11, 12]. Так, на НТМК сегодня разработан проект переработки шлаковых отвалов с целью дальнейшего снижения их негативного воздействия на окружающую среду, а на комбинате «Ураласбест» из отходов горного производства налажено получение теплоизоляционных материалов.

В «Стратегии развития металлургической промышленности России на период до 2020 года» среди направлений технической инновационной политики приведен комплекс научно-исследовательских работ, с одной стороны направленных на улучшение состояния окружающей среды в районах действия предприятий, с другой – рекомендованных к реализации в период до 2020 г.

В заключение можно добавить, что наиболее рациональной представляется необходимость разработки современных, эффективных способов очистки сточных вод с извлечением ценных компонентов для обеспечения рационального природопользования на предприятиях Среднего и Южного Урала, используя возможность применения существующих горных выработок для очистки дренажных вод (например, отработанных карьеров).

Принято к публикации 29.02.2016

Залия Маратовна Боброва, кандидат технических наук, доцент
 eco_safe@magtu.ru
Оксана Юрьевна Ильина, кандидат технических наук, доцент
 Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Россия, Магнитогорск, пр. Ленина, 38

ЛИТЕРАТУРА

1. Компания ЕВРАЗ. URL: www.evraz.com
2. Боброва З. М., Ильина О. Ю. Оценка состояния воды в реке Урал // Теория и технология металлургического производства: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 1. Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г. И. Носова, 2010. С. 165–170.
3. Боброва З. М., Ильина О. Ю. Воздействие предприятий на состояние воды реки Урал в пределах города Магнитогорска // Теория и технология металлургического производства: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 11. Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г. И. Носова, 2011. С. 159–161.
4. Цейтлин Е. М. Исследование, оценка и оптимизация уровня экологической безопасности окружающей среды в условиях горного производства (на примере Среднего Урала): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 2013. 194 с.
5. Khokryakov A.V., Fadeichev A. F., Tseytlin E. M. Description of environmental issues of mining enterprises basing on environmental hazard index // Inzynieria Mineralna, Vol. XV, № 1 (33) 2014, pp. 283–287.
6. Медяник Н. Л. Теоретическое обоснование и разработка ресурсовоспроизводящих технологий комплексной переработки техногенных вод медно-цинковых горных пред-приятий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: ИГКОН РАН, 2012. 450 с.
7. Воздействие предприятий горно-металлургического комплекса на динамику загрязнения реки Чусовой / А. В. Ревво [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 2. С. 67–73.
8. Экологическое состояние окружающей среды отвалов черной металлургии (по результатам мониторинга шлакового отвала НТМК) / А. В. Захаров [и др.] // Изв. УГГУ. 2014. № 3(35). С. 51–56.
9. Студенок А. Г., Студенок Г. А., Ревво А. В. Оценка методов очистки сточных вод от соединений азота для дренажных вод горных предприятий // Изв. УГГУ. 2013. № 2(30). С. 26–30.
10. Геоэкологическая оценка земле- и водопользования в районах освоения природного и техногенного сырья Урала / Н. Ю. Антонинова [и др.] // ФТПРПИ. 2012. № 2. С. 194–200.
11. Макаров А. Б., Талалай А. Г. Техногенные месторождения и их экологическая роль // Литосфера. 2012. № 1. С. 172–176.
12. Макаров А. Б. Техногенные месторождения минерального сырья // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 8. С. 76–80.

Геннадий Андреевич Студенок, старший преподаватель
Евгений Михайлович Цейтлин, кандидат геолого-минералогических наук, доцент
 Уральский государственный горный университет, Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30