

НАПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКОВ С ХВОСТОХРАНИЛИЩ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ*

Наталья Викторовна Юркевич

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, тел. (383)330-95-36, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru

Светлана Борисовна Бортникова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, профессор, тел. (383)330-95-36, e-mail: BortnikovaSB@ipgg.sbras.ru

Ольга Петровна Саева

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ведущий инженер, тел. (383)330-95-36, e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru

Приводятся результаты исследования хвостохранилищ отходов переработки сульфидных руд (Урской и Дюков Лог, Кемеровская область) с применением электротомографии и геохимических методов. Показано, что направления подземного и поверхностного дренажных стоков с хвостохранилищ прогнозируются при помощи комплекса геофизических методов с верификацией геохимическим опробованием контрастных геоэлектрических зон.

Ключевые слова: сульфидные отходы, дренажные стоки, электротомография, мониторинг, прогноз.

DIRECTIONS OF GROUNDWATER AND SURFACE RUNOFF FROM THE MINING TAILINGS ACCORDING GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL RESEARCH

Nataliya V. Yurkevich

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, PhD, tel. (383)330-95-36, e-mail: YurkevichNV@ipgg.sbras.ru

Svetlana B. Bortnikova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Doctor of Science, Professor, tel. (383)330-95-36, e-mail: BortnikovaSB@ipgg.sbras.ru

Olga P. Saeva

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, tel. (383)330-95-36, e-mail: SaevaOP@ipgg.sbras.ru

* Работа выполнена при финансовой поддержке фонда Президента РФ (грант № МК-5724.2014.5) и РФФИ (гранты №№ 12-05-33019, 12-05-31137, 14-05-00293).

The investigations of mining tailings containing sulfide-bearing wastes (Urschi and Djukov Log, Kemerovo region) using electrical resistivity tomography and geochemical methods are presented in the article. The direction of groundwater and surface drainage stream from the tailings are predicted by means of geophysical methods with verification by geochemical sampling of the contrast geo-electric zones.

Key words: sulfide bearing wastes, drainage waters, electrical resistivity tomography, monitoring, forecast.

Разработка полиметаллических месторождений в 1930–1970х годах привело к стихийному образованию хранилищ отходов, до сих пор являющихся источниками поступления химических элементов (Zn, Pb, Cu, Cd, As, Sb, Co, Ni) в окружающую среду. Преобразование сульфидсодержащего вещества в результате окисления кислородом воздуха и воды приводит к интенсивному выносу растворенных форм металлов в подземные воды и речную сеть [1–3]. Урской отвал, расположенный в поселке Барит Кемеровской области (барит-пиритовая сыпучка из зоны окисления колчеданного Ново-Урского месторождения после извлечения золота цианированием), был образован в 30-х годах прошлого века. Дюков Лог – гидроотвал, расположенный в г. Салаир Кемеровской области, принимавший отходы Салаирского горно-обогатительного комбината в 1950-х годах. Урской отвал и Дюков лог объединяет сходство состава перерабатываемых руд и способ технологии – это отходы цианирования барит-колчеданных (Урской отвал) и барит-полиметаллических руд (Дюков лог). Представленные хранилища различаются по морфологическому типу (насыпной отвал и гидроотвал), что дает возможность понять разницу во внутренних структурах этих объектов с тем, чтобы можно было экстраполировать результаты на подобные техногенные тела. Хвостохранилища представляет интерес и с точки зрения повторного извлечения ценных компонентов, и с позиций оценки экологических рисков. Цель данной работы – определение направлений поверхностного и подземных стоков с хвостохранилищ Урской отвал и Дюков Лог с применением электротомографии и классических геохимических методов.

Методы исследования. Для определения направлений миграции дренажных растворов за пределами отвалов в 2013 году на каждом из объектов было сделано по 6 сдвоенных профилей электротомографии на площадке 355×100 м. Электротомография была применена для вертикального электрического зондирования при помощи многоэлектродной станции «Скала-48» (разработана и изготовлена в лаб. электромагнитных полей ИНГГ СО РАН [4]). Были отсняты площадки с размерами 235 м * 130 м с использованием электрозведочной станции «Скала48». Использовалась установка Шлюмберже, шаг между электродами – 5 м, между профилями – 10 м. Обработку и интерпретацию полученных данных делали с помощью программы Res2D, визуализация осуществлялась в программе Surfer.

По результатам геофизической съемки выбирались места для выкапывания шурфов с целью геохимического опробования вертикальных разрезов. На месте из части каждой пробы изготавливалась суспензия (паста) (к твердому веще-

ству добавлялась дистиллированная вода в соотношении 2/1), и в ней замерялись значения pH и электропроводность. Другая часть пробы высушивалась и запаковывалась в герметичные полиэтиленовые пакеты для транспортировки. В лабораторных условиях пробы были гомогенизированы тщательным перемешиванием, расквартованы, часть пробы шла на истирание, из другой части делались водные вытяжки в соотношении твердое/вода = 1/10.

В истертых пробах вещества отходов был сделан элементный анализ методом РФА-СИ. Растворы водных вытяжек были отфильтрованы, разделены на несколько частей и проанализированы на значения pH и Eh, электропроводность, анионный и элементный составы (методом ИСП-АЭС).

Результаты. Фильтрация поровых растворов в направлении естественного стока приводит к циклическому выщелачиванию элементов из отходов и выносу их в подземные воды. Длительное время взаимодействия растворов с веществом отходов в поровом пространстве (вследствие медленной скорости подземной фильтрации) ведет к значительному концентрированию растворённых форм металлов в подземных потоках по сравнению с поверхностным стоком. Примером такого варианта развития событий является хвостохранилище Салаирского комбината Дюков Лог.

Геоэлектрическое строение хвостохранилища Дюков Лог демонстрирует четкую вертикальную зональность, указывающую на наличие протяженных низкоомных зон, в некоторых участках распространяющихся на глубину более 8 м. Зоны высокой проводимости (низкого удельного электрического сопротивления, далее УЭС) сменяются слабопроводящими горизонтами, играющими роль водоупоров (рис. 1).

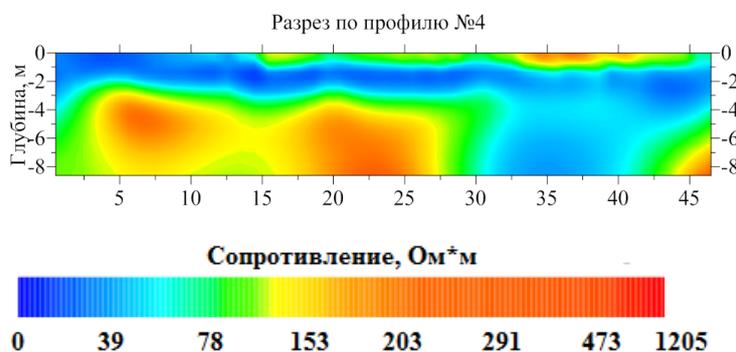


Рис. 1. Профиль электротомографии в южной части хвостохранилища Дюков лог

Результаты геохимического анализа вертикальных разрезов до гл. 2 м свидетельствуют о приуроченности зон низкого сопротивления на разрезах к обводнённым горизонтам, поровые воды которых представляют собой высокоминерализованные растворы. В среднем, мощность хвостовых песков Дюкова логга – 5 м. Следовательно, обводнённые горизонты в приповерхностном про-

странстве по нарушенным структурам поставляют растворы во вмещающие хранилище породы, иллюстрацией чему служит, например, профиль № 4 (рис. 1). Далее растворы, достигая водоупора, стекают естественным образом в направлении наклона борта долины, в которой расположено хвостохранилище.

Выщелачивание металлов по ходу фильтрации иллюстрируется гораздо более значительным возрастанием их концентраций в придонном слое воды по сравнению с поверхностным и ещё большим – в поровых растворах (от Северного к Южному водоёму). В поровых водах отстойника, расположенного за пределами хвостохранилища, на природных известняках, Zn и Cd заметно снижают концентрации за счет нейтрализации и осаждения твёрдых фаз (рис. 2).

В данном случае идет фильтрация растворов от северной части хвостохранилища в южную и далее в отстойник, расположенный под дамбой для сбора и отстаивания дренажных растворов (рис. 2).

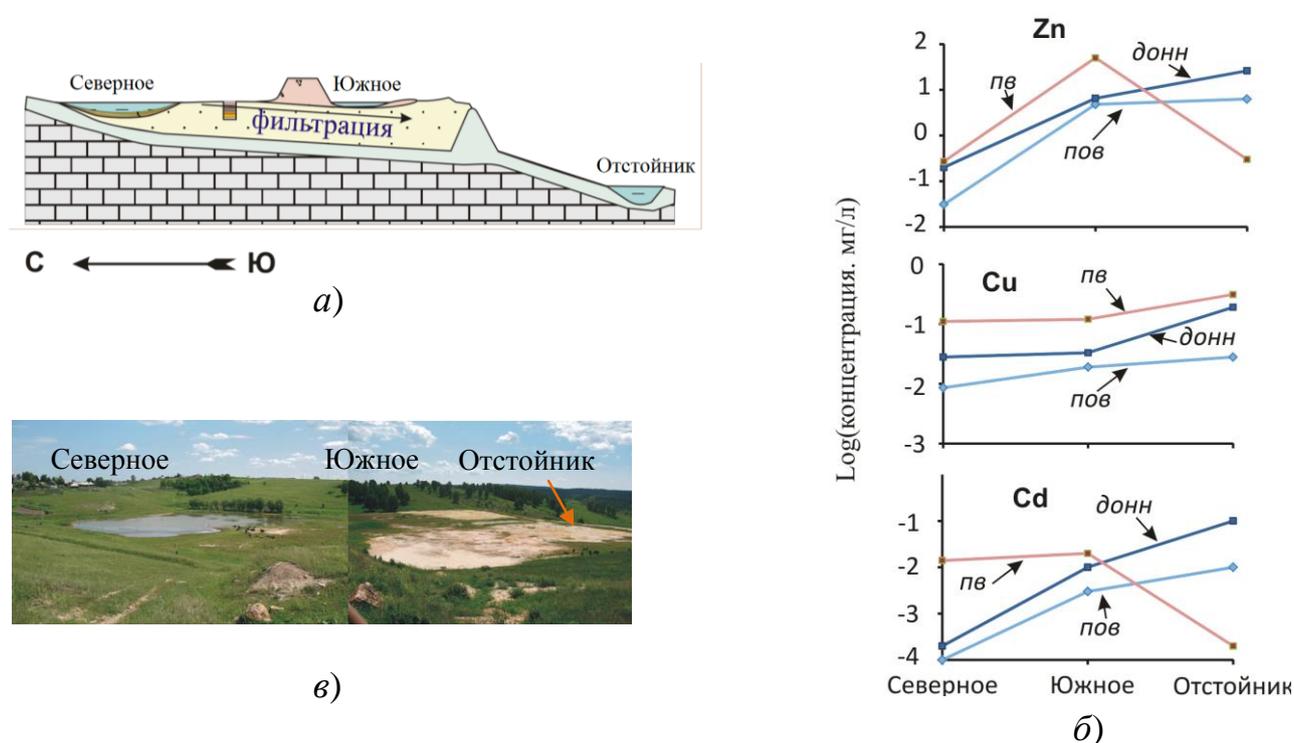


Рис. 2. Схематический разрез хвостохранилища Дюков Лог (а), изменение концентраций цинка, меди и кадмия в поверхностной воде водоёмов Дюкова лога (пов), их придонном слое (донн) и поровых растворах (пв) (б), фотографии северной и южной частей Дюкова Лога (в)

Однако, судя по данным геофизики, в отстойнике нейтрализуется лишь небольшая часть стока из хвостохранилища, попадающая туда, главным образом, из поверхностного ручья. Основной подземный поток, минуя отстойник, несёт суммарную нагрузку в виде выщелоченных из отходов металлов и затем в виде неявного дренажа попадает в р. М. Талмовая.

Наличие естественных геологических разломов в зонах распространения дренажных потоков приводит к миграции высокоминерализованных растворов в глубокие подземные горизонты. Примером служит дренажная система Урско-го отвала. Зональность профилей электротомографии дренажной системы Урско-го отвала даёт основание определить два направления подземной миграции растворов, причём не совпадающих с направлением поверхностного стока. Наиболее отчётливо направления поверхностного и подземного стоков иллюстрируются разноглубинными картами УЭС среды области распространения дренажа (рис. 3 а–д). В близповерхностном пространстве, до гл. 7 м подземный поток ориентирован так же, как и поверхностный ручей, субмеридионально (рис. 3 а, б, в). С гл. 10 м зона пониженного УЭС изменяет направление на юго-восточное, почти вкрест течению дренажного ручья (рис. 3 г, д), что соответствует природной разломной зоне на этом участке. Миграция дренажа в северо-западном направлении от первоначальной точки вертикального просачивания может быть связана с прониканием раствора в подземные воды по разлому.

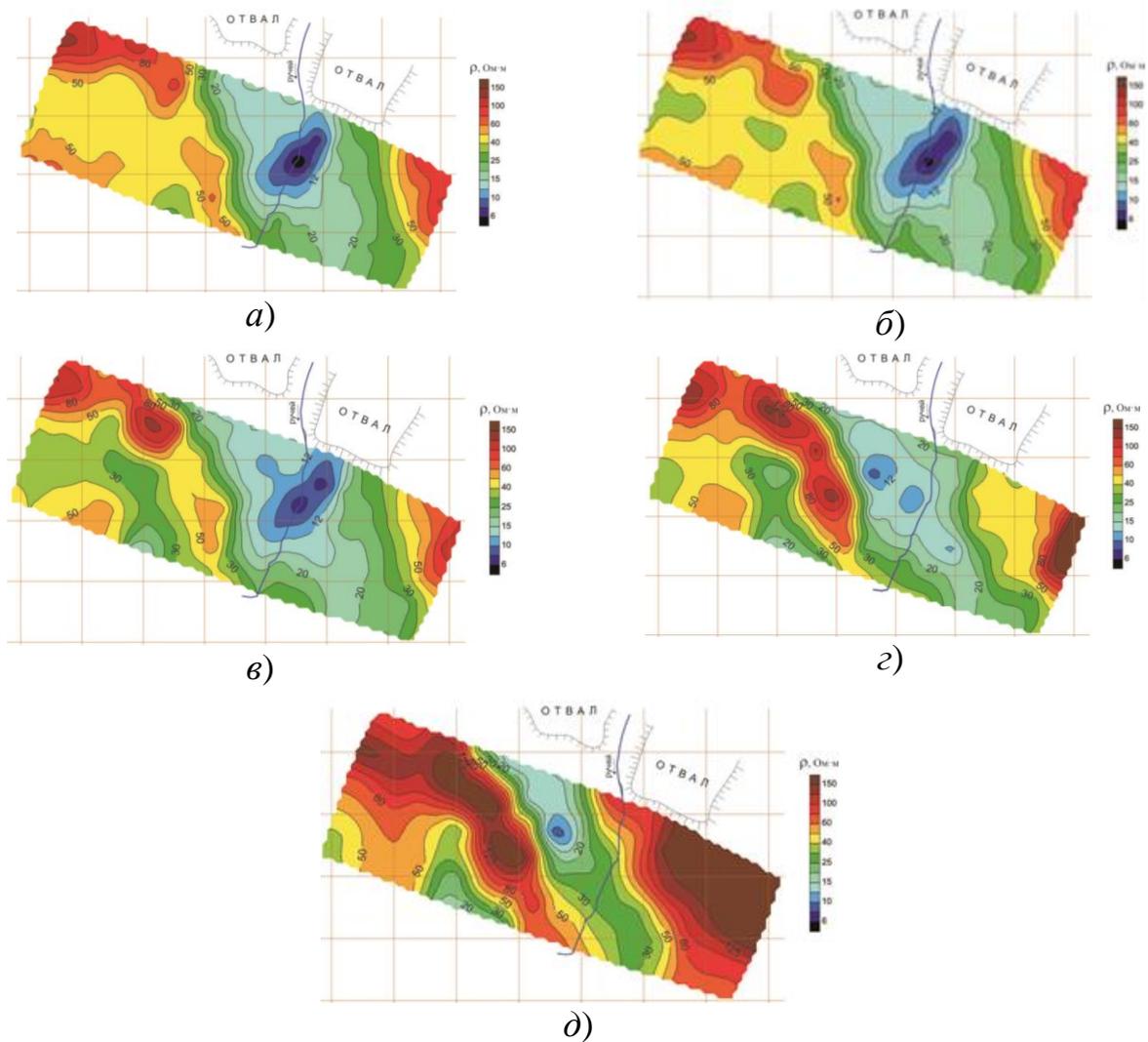


Рис. 3. Карты удельного электрического сопротивления пород на глубинах 1.25 м (а), 4 м (б), 7 м (в), 10 м (г), 15 м (д). Масштаб 1:2500

Подземная и поверхностная миграции дренажных вод с Урского отвала имеет практически противоположные направления. Полученный при помощи геофизических методов вывод имеет большое практическое значение при оценке опасности складированных отходов и, в частности, загрязнения грунтовых вод. Отметим, что отвал расположен в пределах пос. Урск, и в 100–200 м от него находятся дома частного сектора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bortnikova S., Manstein Y., Saeva O., Yurkevich N., Gaskova O., Bessonova E., Romanov R., Ermolaeva N., Chernuhin V., Reutsky A. Acid mine drainage migration of Belovo zinc plant (South Siberia, Russia): multidisciplinary study // Water Security in the Mediterranean Region, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, 2011. - P. 191–208.
2. Yurkevich N.V., Saeva O.P., Pal'chik N.A. As mobility in two mine tailings drainage systems and its removal from solution by natural geochemical barriers // Applied geochemistry. - 2012. - V. 27. - P. 2260–2270. - DOI 10.1016/j.apgeochem.2012.05.012.
3. Юркевич Н.В., Гаськова О.Л., Саева О.П., Корнеева Т.В. Формы миграции химических элементов из сульфидных отходов горнодобывающей промышленности // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2014. - Т. 2, № 3. - С. 163–169.
4. Балков Е.В., Панин Г.Л., Манштейн Ю.А., Манштейн А.К., Белобородов В.А. Электромиграция: аппаратура, методика и опыт применения // Геофизика. - 2012. - № 6. - С. 58–65

© Н. В. Юркевич, С. В. Бортникова, О. П. Саева, 2015