

## **СОВОКУПНОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ЛАТЕРАЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ТОКСИЧНЫХ РАСТВОРОВ (Г. КАРАБАШ)**

*Татьяна Владимировна Корнеева*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Ак. Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, тел. (383)363-91-94, e-mail: [KorneevaTV@ipgg.sbras.ru](mailto:KorneevaTV@ipgg.sbras.ru)

*Дмитрий Олегович Кучер*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Ак. Коптюга, 3, аспирант, тел. (383)363-91-94, e-mail: [dmitriykucher89@gmail.com](mailto:dmitriykucher89@gmail.com)

Данная работа посвящена изучению и определению механизмов формирования, миграции и рассеяния токсичных элементов с водными потоками в латеральном и вертикальном масштабе в природно-техногенных системах современными геофизическими методами электротомографии в сочетании с данными геохимического анализа.

**Ключевые слова:** сульфидные хвостохранилища, кислый дренаж, электротомография, тяжелые металлы.

## **COMPLEX OF GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL APPROACHES USING FOR INVESTIGATION OF THE VERTICAL AND LATERAL DISTRIBUTION OF HIGHLY TOXIC SOLUTIONS (KARABASH DISTRICT)**

*Tatyana V. Korneeva*

Trofimuk institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prospect Academica Koptyga, 3, PhD of geology-mineralogical science, researcher, tel. (383)363-91-94, e-mail: [korneevatv@ipgg.sbras.ru](mailto:korneevatv@ipgg.sbras.ru)

*Dmitry O. Kucher*

Trofimuk institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prospect Academica Koptyga, 3, PhD student, tel. (383)363-91-94, e-mail: [dmitriykucher89@gmail.com](mailto:dmitriykucher89@gmail.com)

This research work is devoted to the investigation and determination of the mechanisms of formation, migration and dispersion of toxic elements in water in the lateral and vertical scale in the natural and technogenic systems by geophysical methods combined with geochemical analysis data.

**Key words:** mine wastes, acid mine drainage, deep electrical resistivity tomography, heavy metals.

В горнодобывающем производстве, цветной металлургии России накоплены десятки миллиардов тонн вскрышных пород, миллиарды тонн хвостов обогащения и сотни миллионов тонн металлургических шлаков. Негативное воздействие сточных вод хвостохранилищ обогатительных

фабрик обусловлено загрязнением природных вод продуктами окисления минералов тяжелых металлов меди, свинца, цинка и железа. Примером города с катастрофической экологической ситуацией является г. Карабаш (Челябинская область), еще в 1989 г. признанный ООН «черной дырой планеты». Извлеченная на поверхность и складированная рудно - породная ассоциация с одной стороны неизбежно испытывает влияние природных факторов, трансформируясь под их воздействием, а с другой - сама оказывает активное влияние на окружающие ее природные компоненты.

Наибольшие концентрации тяжелых металлов содержатся в грунтовых и приповерхностных водах в основании хвостохранилища, в которые проникают значительные объемы фильтратов. В этой связи проблема оценки воздействия неэксплуатируемой части минерального сырья в процессе отработки месторождений на окружающую среду и здоровье человека весьма актуальна, так как рудные месторождения представляют собой природные геохимические аномалии, являющиеся потенциальными и реальными источниками токсичных элементов.

Объем и уровень минерализации поровых вод и растворов в грунте влияют на его удельное электрическое сопротивление, которое может быть быстро и достоверно измерено методами электромагнитного зондирования и методом сопротивлений в модификации электротомографии. Основываясь на публикациях иностранных геофизиков можно сделать заключение о том, что различные геофизические методы применяются в Европе и США [1-3] для мониторинга загрязнений грунтовых вод жидкими отходами, контроля состояния насыпных дамб и других гидротехнических сооружений, обеспечивающих производственные процессы горнорудной и обогатительной промышленности уже более двадцати лет. Единичные работы по теме исследования опубликованы и в России [4,5]. Таким образом, сочетание комплекса геохимических и геофизических методов пока еще недостаточно распространено в области изучения и мониторинга техногенных процессов, и на этом пути работы нашего коллектива могут внести серьезный вклад в проблему определения масштабов и путей миграции кислого дренажа.

Конкретная цель в рамках сформулированной проблемы заключается в определении механизмов формирования, миграции и рассеяния токсичных элементов с водными потоками в латеральном и вертикальном масштабе в природно-техногенных системах современными геофизическими методами электротомографии в сочетании с данными геохимического анализа.

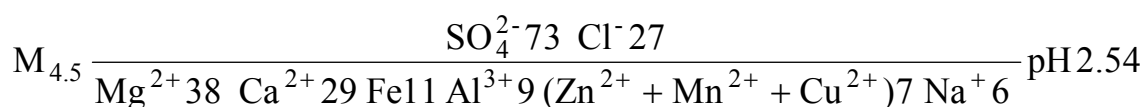
В скоплениях твердых отходов (шлакоотвалах, хвостохранилищах и т.д.), занимающих значительную часть городской территории Карабаша, сосредоточено до 27,7 млн. тонн дисперсного минерального вещества, главным образом, шлаков медеплавильного производства. Кроме того, в долине р. Сак-Елга сосредоточено скопление пиритсодержащих хвостов горнообогатительного производства общей площадью около 2,5 км<sup>2</sup>. Кроме этого одним из основных источников загрязнения р. Сак-Елга является

кислый дренажный ручей «Рыжий» (левый приток), собирающий загрязненные поверхностные и подземные воды с территории медеплавильного комбината и отработанных хвостохранилищ (рис. 1).

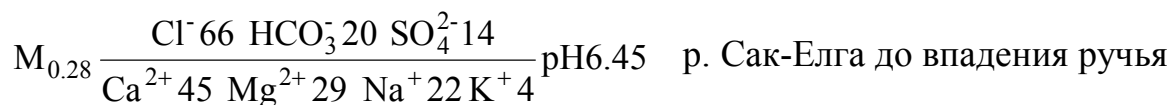
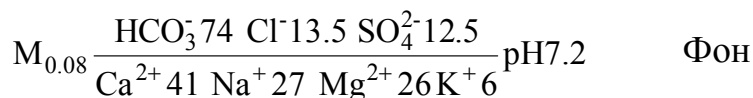


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб на территории г. Карабаша

Кислый дренажный ручей на техногенном участке относится к сульфатно-хлоридному классу с высоким содержанием типоморфных для Карабашской геотехнической системы металлов – Fe (180 мг/л), Al (65 мг/л), Zn (65 мг/л), Mn (40 мг/л), Cu (30 мг/л):



Для водной пробы из фонового участка (р. Сак-Елга до Богородского пруда) характерен гидрокарбонатный класс кальций-натрий-магниевый тип вод, слабая минерализация и общая сумма тяжелых металлов в растворе 0.9 мг/л, что ниже, чем в техногенном ручье в 420 раз.



$$M_{1.5} \frac{SO_4^{2-} 64 Cl^- 34 HCO_3^- 2}{Ca^{2+} 43 Mg^{2+} 41 Na^+ 14 K^+ 2} pH_{5.25} \quad \text{р. Сак-Елга после впадения ручья}$$

Благодаря щелочному барьеру, значения рН воды на участке смешения с рекой Сак-Елга возрастают (рН=5.25), хотя сохраняется повышенное содержание тяжелых металлов, превышающие ПДК для водных объектов хозяйственно - питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК, ГН 2.1.5.1315-03) на 2-3 порядка.

При повышении рН в зоне смешения происходит гидролиз Fe и Al, начинают выпадать многочисленные гидроксидно-железистые охры и гидроксиды Al, что наблюдается на участках замедленного течения. Значительная часть металлов сорбируется новообразованными гидроксидами, вследствие чего они выводятся из миграционного цикла. Содержание Al уменьшается в 1500 раз, Fe – в 3 раза, Cu – в 7 раз и Zn – в 5 раз. Часть металлов (Cu, Zn, Ni, Mn, Cd) продолжает мигрировать преимущественно в свободной ионной форме (50-70 %) и в виде нейтральных сульфатных комплексов  $CuSO_4^0$ ,  $ZnSO_4^0$  (до 30 %). В результате сорбции подвижность металлов при переходе из донных осадков в раствор существенно снижается:

- 1) Рыжий ручей (рН=2.54):  $(Cd,Zn)_{1.2} > Cu_{1.4} > Mn_{1.6} > Ni_{1.8} > Fe_{3.4}$ ;
- 2) Зона смешения (рН=5.25):  $Cd_2 > Mn_{2.1} > Zn_{2.2} > Cu_3 > Fe_{3.3} > Ni_4$ .

Зоны с пониженным сопротивлением указывают на участки, поровое пространство которых заполнены высокоминерализованными растворами. Эти низкоомные зоны распространяются до глубины 1-15 метров (рис. 2).

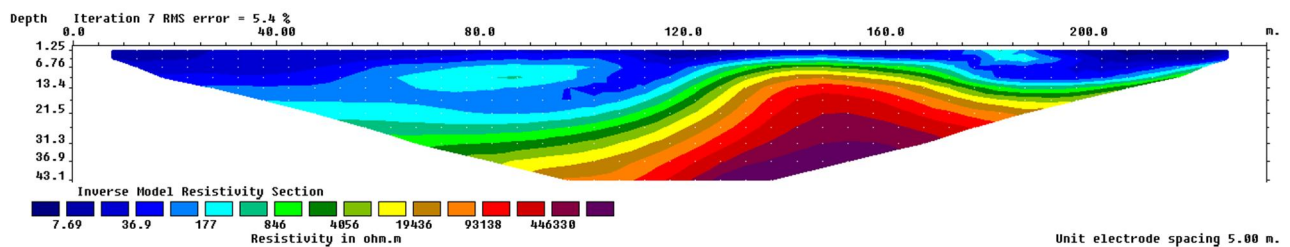


Рис. 2. Вертикальный геоэлектрический разрез в зоне распространения дренажного потока

Учитывая, что это хвостохранилище расположено в пойме реки, можно заключить, что токсичные растворы, образующиеся при взаимодействии поверхностных вод с сульфидным веществом, проникают в грунтовые воды, просачиваясь сквозь вещество отвалов. В подтверждение этому были взяты пробы воды из скважины до глубины 15 метров. Анализ показал, что концентрации тяжелых металлов увеличиваются с глубиной (табл. 1).

Согласно полученным анализам, концентрации токсичных металлов превышают значения ПДК для водных объектов в десятки и сотни раз.

Химические формы нахождения тяжелых металлов в грунтовых водах на хвостохранилище вблизи г. Карабаш, находятся преимущественно в сульфатной и акваионной формах, что свидетельствует о возможности их последующей активной миграции.

*Таблица 1*

Результаты химического анализа вод из скважины на территории неорганизованного хвостохранилища «Пиритовые пески» Карабашской ГТС

Глубина	5 м	10 м	15 м
pH	6.15	4.5	4.2
Fe	190	220	220
Cd	0.07	0.1	0.2
Co	<0.2	1.3	1.8
Cu	<0.3	1.4	6.0
Ni	<0.3	7.7	12.2
Pb	<0.5	0.8	1.0
Zn	<0.2	5.8	10.4

Таким образом, совокупность данных электроразведки и геохимического опробования свидетельствуют о распространении высокоминерализованных растворов на глубину около 15 метров, несмотря на то, что мощность самих пиритовых песков составляет порядка 1 м. В результате загрязняются грунтовые воды, концентрации химических элементов в подвижных формах превышают предельно-допустимые в десятки и сотни раз.

Геоэлектрические разрезы на пиритовых песках демонстрируют, наряду с прониканием в грунтовые воды, латеральное распространение низкоомных зон, а, следовательно,- и обводнённого вещества, которое в данном случае может быть названо «кислотной волной». Действие «кислотной волны» можно зафиксировать, делая ежегодные наблюдения за изменением ландшафта на территории, прилегающей к хранилищу: частичное, затем полное исчезновение растительности всё дальше и дальше от хвостохранилища

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 12-05-33019 мол\_а\_вед и № 12-05-31137 мол\_а.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Salomons W. Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention // Journal of Geochemical Exploration. – 1995. - V. 52. - P. 5-23.

2. Lottermoser B.G. Mine Wastes: Characterization, Treatment, Environmental Impacts // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 304 p.
3. Leybourne, M.I.; Goodfellow, W.D. Geochemistry of surface waters associated with an undisturbed Zn-Pb massive sulfide deposit: Water-rock reactions, solute sources and the role of trace carbonate // Chemical Geology. - V. 279 issue 1-2 December 3, 2010. - P. 40-54.
4. Bortnikova S., Yurkevich N., Bessonova E., Karin Y., Saeva O. The combination of geoelectrical measurements and hydro-geochemical studies for the evaluation of groundwater pollution in mining tailings areas, the handbook of environmental chemistry // Springer Berlin Heidelberg, ISSN: 1867-979X (Print) 1616-864X (Online), DOI: 10.1007/698\_2013\_234, 2013.
5. Юркевич Н. В., Саева О. П., Карин Ю. Г. Хвостохранилища горнорудного производства: построение связи между данными геофизической съемки и химическим составом (на примере отходов Салаирского горнообогатительного комбината, г. Салаир) // Труды Всероссийской конференции с участием иностранных ученых «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Томск, 2012. – С. 283–287.

© Т. В. Корнеева, Д. О. Кучер, 2014