



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

*Научная конференция  
в рамках Года экологии в России*

**Выпуск 19**

**Геоэкологическая безопасность  
разработки месторождений  
полезных ископаемых**

Материалы годичной сессии  
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,  
инженерной геологии и гидрогеологии  
(4-5 апреля 2017 г.)



Москва  
Российский университет дружбы народов  
2017

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,  
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

---

# **СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ**

## **Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых**

*Научная конференция  
в рамках Года экологии в России*

### *Выпуск 19*

Материалы годичной сессии  
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,  
инженерной геологии и гидрогеологии  
(4-5 апреля 2017 г.)

Москва  
Российский университет дружбы народов  
2017

УДК 622:504.05/06(063)  
ББК 33.3:26.34:20.18  
С32

*Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-05-20037)*

**Редакционная коллегия:**  
**В.И. Осипов** (ответственный редактор),  
**О.Н. Еремينا** (ответственный секретарь),  
*Н.Г. Анисимова, Г.И. Батрак, В.Н. Бурова, Е.В. Булдакова,  
А.С. Викторов, И.В. Галицкая, В.Г. Заикинов, С.В. Козловский,  
И.В. Козлякова, Н.Г. Мавлянова, Г.П. Постоев, Д.О. Сергеев*

**С32 Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность  
разработки месторождений полезных ископаемых. Вып. 19.**  
Материалы годичной сессии Научного совета РАН по пробле-  
мам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии  
(4-5 апреля 2017 г.). – Москва : РУДН, 2017. – 592 с. : ил.  
ISBN 978-5-209-07464-9

В сборнике опубликованы доклады, представленные на девятнадцатую ежегодную конференцию «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева (г. Москва, 4-5 апреля 2017 г.). Чтения были организованы в рамках Года экологии в России и проходили под названием «Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых». На конференции обсуждались следующие темы: концептуальные положения геоэкологической безопасности территорий интенсивной добычи полезных ископаемых; оценка природной опасности и рисков в районах разработки месторождений полезных ископаемых; комплексный мониторинг районов освоения месторождений полезных ископаемых; геоэкологические проблемы размещения отходов горнопромышленного комплекса; проблемы загрязнения и ремедиации подземной гидросферы в горнопромышленных районах; геоэкологические проблемы разработки месторождений криолитозоны и Арктики; новые адаптационные природосберегающие технологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

Издание предназначено для специалистов, студентов и аспирантов в области инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии.

УДК 622:504.05/06(063)  
ББК 33.3:26.34:20.18

ISBN 978-5-209-07464-9

© Научный совет РАН по проблемам геоэкологии,  
инженерной геологии и гидрогеологии, 2017  
© Коллектив авторов, 2017  
© Российский университет дружбы народов, 2017

Щербакова, В.М. Кнатько, К.В. Щербаков; Министерство образования Российской Федерации. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. ун-т., 2012.

7. Popovic S., Vukanic S., Komatina D., Alihodzic-Jasarevic E., Makashov N.V. The role of a landscape architect in reconstruction and reprofiling of abandoned quarries // Строительство учебных зданий и сооружений. – 2015. – № 4 (31). – С. 108-121.

8. Davidovits J. Geopolymer chemistry and sustainable development. The Poly(sialate) technology: a very useful and simple model for the promotion and understanding of green chemistry // proceeding of the world congress Geopolymer 2005. – France, Saint-Quentin, 2005. – С. 1-15.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДА ГЛИНИСТЫХ ЧАСТИЦ В СВЯЗИ С ТЕХНОЛОГИЯМИ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

В.А. Королёв, Д.С. Нестеров, М.С. Чернов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, г. Москва. E-mail: doktorfosch@mail.ru

**Введение.** Развитие добычи полезных ископаемых приводит к загрязнению окружающей среды, неизбежно проявляющемуся при разработке месторождений и складировании токсичных отходов производства. Одним из методов экологической защиты природной среды при этом является создание защитных сорбционных глинистых экранов, которые располагают на пути миграции загрязняющих веществ. С целью повышения их эффективности авторами выполнены исследования по регулированию электрического заряда глинистых частиц, от которого зависит поглощательная способность и буферные свойства глин, применяемых для создания защитных экранов [1-4]. Путем регулирования величины и знака заряда глинистых частиц можно обеспечить сорбцию токсикантов в широком диапазоне pH.

Исследование проводилось на глинах каолинитового, гидрослюдистого и монтмориллонитового составов. Цель работы состояла в определении заряда частиц глин разного состава и установлении возможности их перезарядки в широком диапазоне pH для регулирования поглощательной способности глины. Для этого необходимо было решить следующие задачи: 1) определить заряд частиц каолинитовых, иллитовой и монтмориллонитовых глин при различных значениях pH; 2) определить значения точки нулевого заряда данных глин.

**Объекты и методика исследований.** Для исследований были выбраны следующие глины: положский и глуховецкий (Na- и Ca-формы) каолины, Гниясалинская гидрослюдистая глина, киловый и огландинский монтмориллониты.

У частиц указанных глин был измерен  $\zeta$ -потенциал при различных значениях pH порового раствора методом микроэлектрофореза на приборе Horiba SZ-100, а также определены значения pH точки нулевого заряда мето-

дом потенциометрического титрования при 3 ионных силах буферного раствора на приборе рН 150-М. Величина рН равновесных растворов и суспензий изучаемых глин определялась на приборе рН-061. Кроме того, проводились определения содержания равновесных растворов на приборе НМ Digital COM-80 и кондуктометре ММ34-04, а также величины окислительно-восстановительного потенциала (Еh) в них на приборе ОРР-169В.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты определения  $\zeta$ -потенциала и рН точки нулевого заряда представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Зависимость  $\zeta$ -потенциала (мВ) частиц изученных глин от рН

рН	Положский каолинит	Глуховецкий каолинит (Na-форма)	Биясалинская гидрослюда	Кировый монтмориллонит	Огланлинский монтмориллонит
3	+14,9	-30,8	-54,1	-41,7	-12,5
7	-11,3	-14	-13,2	-47,4	-67
11	-103,4	-55,8	-57	-108,3	-115,7

Таблица 2

Зависимость рН<sub>ТНЗ</sub> изученных глин от концентрации буферного раствора

Концентрация буферного раствора NaNO <sub>3</sub>	Величина рН глин:				
	положский каолинит	глуховецкий каолинит (Na-форма)	биясалинская гидрослюда	кировский монтмориллонит	огланлинский монтмориллонит
0,1 н	7,3	6,8	8	8	4,6
0,01 н	7,5	6,8	8	8,9	4,8
0,001 н	7,8	6,8	8	9,5	4,8

Как видно из полученных данных в нейтральной среде частицы изученных глинистых минералов имеют отрицательный заряд. При увеличении рН порового раствора заряд увеличивается по модулю, а при снижении рН среды – как правило, уменьшается. Частицы положского каолина меняют знак заряда в кислой среде на противоположный и заряжаются положительно.

Наименьшее значение рН<sub>ТНЗ</sub> характерно для огланлинского монтмориллонита, наибольшее – для кировой глины. В целом значение рН<sub>ТНЗ</sub> увеличивается от каолинитовых глин к монтмориллонитовым. Эту зависимость несколько осложняет наличие в глинах примесей неглинистых минералов. Так, глуховецкий каолинит и огланлинский монтмориллонит имеют более низкие значения точки нулевого заряда, чем их мономинеральные аналоги (см. табл. 2). Это связано с тем, что перезарядка частиц кварца, присутствующего в них в виде примеси, происходит при более низких рН, чем для глинистых частиц [1,2].

Результаты определения  $\zeta$ -потенциала для Са-формы глуховецкого каолинита в широком диапазоне изменения рН представлены на рис. 1.

Из полученных данных следует, что зависимость  $\zeta=f(\text{pH})$  для этой глины является нелинейной и характеризуется кривой с максимумом величины  $\zeta$ -потенциала (+144,5 мВ) в кислой области (при рН=1,65) и минимумом  $\zeta$ -потенциала (-83,5 мВ) в щелочной (при рН=9,79).

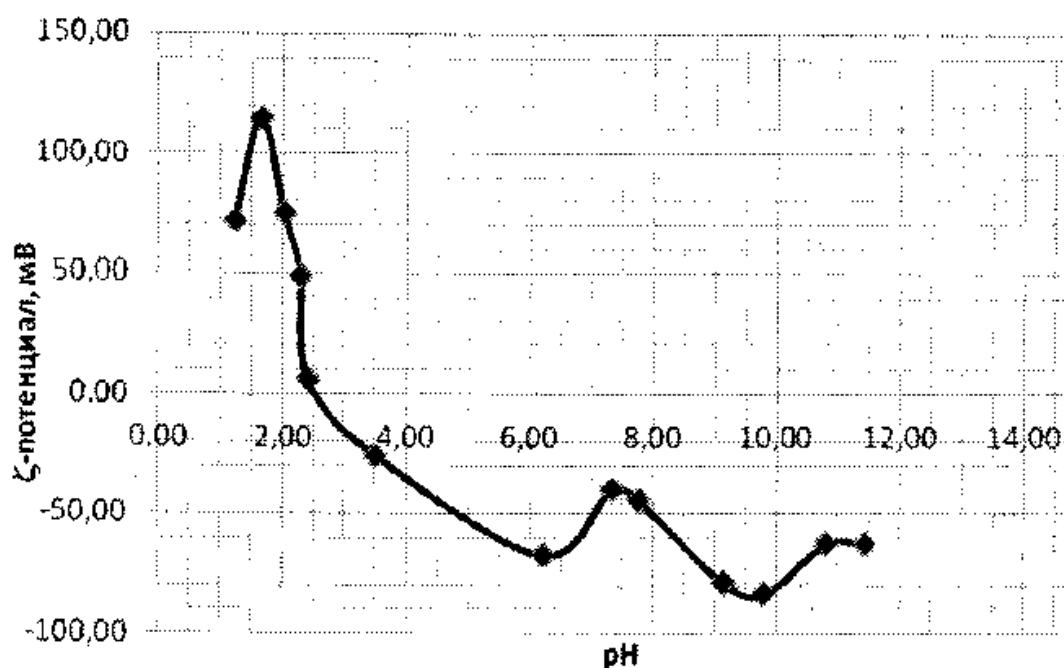


Рис. 1. Зависимость  $\zeta$ -потенциала частиц Са-формы глуховецкого каолина от рН порового раствора

При значениях  $\text{pH} < 1,65$  наблюдается некоторое уменьшение величины  $\zeta$ -потенциала этой глины от +144,5 до +72 мВ. Аналогично при  $\text{pH} > 9,79$  отрицательная величина  $\zeta$ -потенциала возрастает от -83,5 до -62,7 мВ. Это вероятно связано с тем, что в сильнокислой и сильнощелочной среде изменяется и частично разрушается само кристаллическое ядро частиц. Кроме того, при этом происходит существенная агрегация глинистых частиц и практически полное сжатие диффузного слоя ДЭС, что ведёт к уменьшению соответствующего значения  $\zeta$ -потенциала.

Из полученных данных также следует (см. рис.1), что наблюдается локальный максимум значений  $\zeta$ -потенциала в диапазоне изменения величин  $\text{pH}=6,21-9,13$ . Это может быть связано с тем, что с увеличением концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , используемого для приготовления суспензий, в диапазоне  $\text{pH}=6,21-7,34$  происходит дозаполнение обменного комплекса глуховецкого каолина ионами  $\text{Ca}^{2+}$  до ёмкости катионного обмена. Из-за этого в данном диапазоне наблюдается некоторое увеличение заряда.

Смена знака заряда частиц глуховецкого каолина происходит в кислой области. В целом перезарядка большинства каолининовых частиц происходит в интервале значений  $pH=2,4-2,6$ , т. е. в этом диапазоне находится точка нулевого заряда его частиц. Похожие значения ( $pH=2,2-3,6$ ) были получены Дж.Чорвером и Г.Спозито для образцов бразильских тропических каолининов путём потенциометрического титрования при различных ионных силах раствора  $LiCl$  (0,001-0,01 моль/кг) [3].

В силу неоднородности и полидисперсности глуховецкого каолина разные по размеру (и степени кристалличности) глинистые частицы заряжаются по разному: у одних электрический заряд может быть больше, у других меньше. Следует отметить, что вследствие особенностей применяемой методики определения  $\zeta$ -потенциала (электрофоретический метод) нами фиксируется как бы «усредненный заряд» по всему спектру анализируемых частиц различного размера и кристаллохимических особенностей. Многочисленные повторные измерения  $\zeta$ -потенциала показали, что при этом положительный заряд некоторых частиц с ростом щелочности сохраняется вплоть до  $pH=7,34$ . но в целом с увеличением  $pH$  доля положительно заряженных каолининовых частиц уменьшается. При  $pH>7,34$  положительно заряженных каолининовых частиц не обнаруживается. Это согласуется с данными А.Криа и др., которые указывают, что положительный заряд каолининовых частиц образуется преимущественно на  $Al-OH$  участках боковых сколов при  $pH<7,5$  [4].

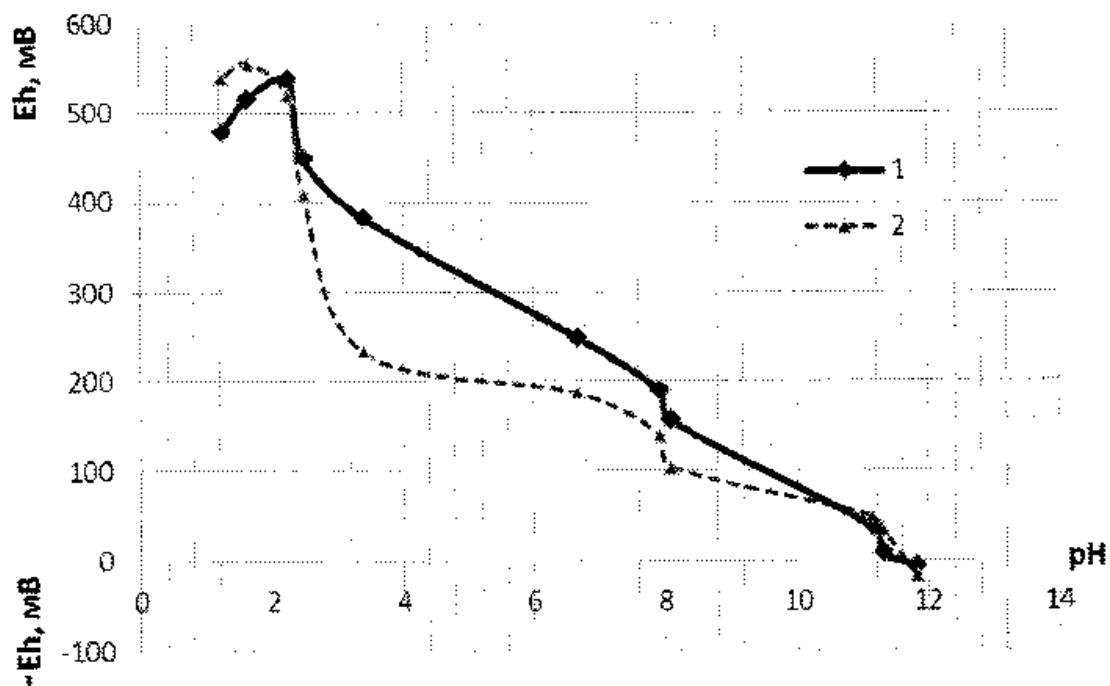


Рис. 2. Зависимость  $Eh$  от  $pH$  для каолина глуховецкого:  
1 — буферный раствор; 2 — каолининовая суспензия

Результаты исследования зависимости окислительно-восстановительного потенциала ( $E_h$  или редокс-потенциала) суспензий глуховецкого каолина от величины рН для буферного и равновесного раствора представлены на рис.2. Как видно из полученных данных, в нейтральной области (при минимальной концентрации кислоты или щелочи и рН=6,5) величины  $E_h$  и в суспензии, и в буферном растворе положительные и составляют около 180-250 мВ. В кислой области они увеличиваются до 550-560 мВ, что свидетельствует о наличии окислительных условий, а в щелочной уменьшаются до -25 мВ, что характерно для сильно восстановительных условий. Смена знака величины  $E_h$  в глуховецком каолине происходит в щелочной области при концентрации щелочи около 0,035 н. и рН=11,5. В широком диапазоне рН (от 3 до 11,5) присутствие глины снижает  $E_h$  равновесного раствора по сравнению с свободным исходным раствором, т.е. глина способствует формированию восстановительных условий.

По результатам определения рН, а также солесодержания и  $E_h$  исходных растворов и суспензий глуховецкого каолина можно сделать вывод о том, что при рН<2,5 экран, изготовленный из этой глины, будет обладать защитными поглотительными свойствами по отношению к отрицательно заряженным токсикантам и их ионным комплексам, а при рН>2,5, напротив, по отношению к положительно заряженным токсикантам и их ионным комплексам. При этом максимальная защитная реакция к ним будет проявляться в диапазоне рН=9-10.

**Выводы.** В результате исследования можно дать следующие выводы:

1. Имеется возможность регулирования поглотительной способности и буферных защитных свойств глинистых экранов путем изменения величины и знака электрического заряда их частиц.

2. При рН ниже точки нулевого заряда глинистый экран будет поглощать в основном анионные токсиканты, а при рН выше ТНЗ – катионные. Для изученных грунтов при рН<6,5-8 экран будет обладать лучшими защитными свойствами и поглотительной способностью по отношению к щелочным токсикантам, а при рН>6,5-8 – по отношению к кислым.

3. Наибольшей поглотительной способностью по отношению к кислым или щелочным токсикантам защитный глинистый экран обладает при максимальных по модулю, соответственно, отрицательных или положительных значениях заряда частиц. Максимальная кислотнo-щелочная буферность проявляется у глин с наибольшей емкостью поглощения, т.е. монтмориллонитового состава.

*Работа выполнена с использованием оборудования, приобретенного за счет средств «Программы развития Московского университета».*



## Литература

1. Злочевская Р.И., Королёв В.А. Электроповерхностные явления в глинистых породах. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 177 с.
2. Королёв В.А. Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение. – М.: ООО «Сам полиграфист», 2015. – 468 с.
3. Chorover J., Sposito G. Surface charge characteristics of kaolinitic tropical soils // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1995. – Vol. 59. – № 5. – P. 875-884.
4. Kriaa A., Hamdi N., Srasra E. Proton adsorption and acid-base properties of Tunisian illites in aqueous solution // *Журнал структурной химии*. – 2009. – Т. 50. – № 5. – С. 288-301.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ КАРАБАШСКОГО ГОРНОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Г. Линник<sup>1</sup>, В.Ю. Хорошавин<sup>2</sup>, Т.М. Минкина<sup>3</sup>,  
Т.В. Бауэр<sup>3</sup>, Д.Г. Невидомская<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия, 117975, ГСП-1, ул. Косыгина, 19. E-mail: linnik@geokhi.ru

<sup>2</sup> Тюменский государственный университет. Институт наук о Земле. Червишевский тракт, ул., д. 13, г. Тюмень, 625008. E-mail: inzem@utmn.ru

<sup>3</sup> Южный Федеральный университет, 344090, г. Ростов-на-Дону, просп. Стачки 194/1. E-mail: tminkina@mail.ru

### ВВЕДЕНИЕ

Деградация природных ландшафтов, вызванная техногенным воздействием, в ряде районов России представляет серьезную экологическую проблему. К числу предприятий, которые наносят максимальный урон окружающей среде, относятся медеплавильные комбинаты, среди которых расположенный на Южном Урале комбинат Карабашмедь [4, 5, 7].

Масштабы и характер загрязнения окружающей среды медеплавильными комбинатами связаны с видом производства (технология выплавки меди, составом и объемом выбросов), атмосферными условиями рассеяния аэротехногенных примесей, ландшафтно-геохимическими условиями трансформации и миграции загрязняющих веществ.

За период времени активной работы Карабашского медеплавильного комбината (КМК), начиная с 1910 г. на окружающей территории сформировалась зона *техногенного бедленда* (ТБ) [6]. Зона ТБ включает территорию самого КМК, а также горную гряду Карабаша с прилегающими низкогорными участками. На этой территории полностью отсутствует растительный покров, почвенный покров также практически отсутствует вследствие интенсивного развития эрозионных процессов. В июле 2012 г. проводились работы по изучению современной геоэкологической обстановки в окрестностях г. Карабаш.