

Российская академия наук  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

# **КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Материалы III Международной  
научно-практической конференции

(г. Воронеж, 11-12 ноября 2016 г.)

Часть I

Воронеж 2016

УДК 620.9

Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы Междунар. науч. - практ. конф. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. Ч. I. 253 с.

ISBN 978-5-7731-0484-1

ISBN 978-5-7731-0485-8 (Ч. I)

В сборник включены материалы Международной научно-практической конференции, в которой нашли отражение вопросы по научно-техническим проблемам техносферной безопасности. Материалы сборника соответствуют научным направлениям вуза и перечню критических технологий Российской Федерации, утвержденному Президентом Российской Федерации.

Редакционная коллегия:

- А.С. Колодяжный - канд. техн. наук, доц. – ответственный редактор, Воронежский государственный технический университет;
- В.А. Небольсин - д-р техн. наук, проф. – зам. ответственного редактора, Воронежский государственный технический университет;
- В.И. Ступин – канд. техн. наук, руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Воронежской области, главный государственный инспектор РФ по контролю и надзору в сфере природопользования по ВО;
- И.Г. Дроздов - д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет;
- Н.А. Северцев - заслуженный деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф., академик академии им. К.Э. Циолковского, зав. отделом нелинейного анализа и проблем безопасности Вычислительного центра им. А.А. Дородницына, Российской академии наук, г. Москва;
- В.Т. Трофимов - д-р геол.-минерал. наук, проф., академик РАЕН и МАН ВШ, проректор МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва;
- А.В. Бурковский - канд. техн. наук, доцент, Воронежский государственный технический университет;
- Н.В. Мозговой - д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет;
- А.В. Калач - д-р хим. наук, проф., зам. начальника Воронежского института ГПС МЧС России;
- П.И. Пигулевский – д-р геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр., Институт геофизики НАН Украины, г. Днепр;
- В.А. Саечников - д-р физ.-мат. наук, проф., Белорусский государственный университет, г. Минск;
- М. Лутовац - д-р, профессор, академик Сербской королевской академии наук; университет «Унион Никола Тесла», г. Белград; Факультет менеджмента г. Херцег-Нови, Черногория);
- Д. Вейнович - профессор университета Баня Лука, Сербская республика;
- О.В. Яковлев - д-р техн. наук, ведущий науч. сотрудник, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук, г. Москва;
- А.В. Звягинцева - канд. техн. наук, доц. - ответственный секретарь, Воронежский государственный технический университет;
- Рецензенты: кафедра экологической геологии Воронежского государственного университета (зав. кафедрой д-р геол.–минерал. наук, проф. И.И. Косинова);  
д-р техн. наук, проф. Н.А. Ус.

ISBN 978-5-7731-0484-1

© Коллектив авторов, 2016

ISBN 978-5-7731-0485-8 (Ч. I)

© Оформление. ФГБОУ ВО

«Воронежский государственный технический университет», 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Активная преобразовательская деятельность человека породила всё возрастающую проблему трансформации среды обитания, как самого человека, так и всего живого на Земле, создавая тем самым новую искусственную среду обитания – техносферу Земли или природно-техническую геосистему, называемую также экологоэкономической или социально-экономической системой.

Техносфера, созданная человеком, представляет собой территории, занятые городами, поселками, сельскими населенными пунктами, промышленными зонами и предприятиями. Она призвана обеспечить человека комфортными условиями проживания и защитить от опасностей естественных процессов и явлений природы. К техносферным относятся условия пребывания людей на объектах экономики, на транспорте, в быту, на территориях городов и поселков.

В процессе жизнедеятельности человек взаимодействует не только с естественной средой, но и с людьми, образующими, так называемую социальную среду. Она формируется и используется человеком для обмена опытом и знаниями, для удовлетворения своих духовных потребностей и накопления интеллектуальных ценностей. Деятельность человека, развиваясь в пределах физических химических, биологических и других состояниях биосферы, в то же время оказывает влияние на природные процессы, происходящие в ней. Природные процессы все теснее переплетаются с антропогенными процессами, между ними усиливаются обмен веществом и энергией, возрастает обмен информацией.

Антропогенные изменения окружающей среды приобрели такие размеры, что человек прямо или косвенно сам стал их жертвой. Антропогенная деятельность, не сумевшая создать техносферу необходимого качества как по отношению к человеку, так и по отношению к природе, явилась первопричиной многих негативных процессов в природе и обществе.

Современному человеку приходится решать проблемы, связанные не только с обеспечением комфортной жизни, принимая меры защиты от естественных негативных воздействий, но и с возникающими проблемами техносферной безопасности.

Следует отметить, что именно поэтому в последнее десятилетие стало, активно развиваться учение о безопасности жизнедеятельности в техносфере, основной целью которой является защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения, достижение комфортных условий жизнедеятельности. Средством достижения этой цели является реализация обществом знаний и умений, направленных на уменьшение негативных воздействий до допустимых значений.

Материалы конференции ставят своей целью, продемонстрировать возможность безопасного взаимодействия человека с техносферой и природой; исследовать негативные воздействия техносферы на человека и окружающую среду, а также зоны воздействия опасностей техносферы и отдельных её элементов (предприятия, машины, приборы и т.п.). Кроме этого необходимо отразить современные проблемы техносферной безопасности и показать, как человечество преодолевает вызовы различного уровня, возникающие в техносфере, используя базовые, специальные и информационные технологии.

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

## СОЗДАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ГЛИНИСТЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ЧАСТИЦ

С целью создания защитных глинистых экранов на пути миграции загрязнителей и обеспечения экологической безопасности окружающей среды выполнены исследования регулирования электрического заряда глинистых частиц. Путем регулирования величины и знака заряда повышается эффективность использования сорбционных защитных экранов, изготавливаемых из глинистых грунтов. Изучены факторы, влияющие на электрический заряд каолинистых частиц, позволяющие регулировать сорбционные и буферные свойства глинистого экрана

Ключевые слова: защитный глинистый экран,  $\zeta$ -потенциал, микроэлектрофорез, заряд глинистых частиц, точка нулевого заряда

Одним из методов обеспечения экологической безопасности геологической среды являются технологии создания защитных глинистых экранов, располагаемых на пути миграции токсичных загрязнений. С целью повышения их эффективности выполнены исследования по регулированию электрического заряда глинистых частиц, от которого зависит сорбционная (поглощительная) способность и буферные свойства глины. Путем регулирования величины и знака заряда глинистых частиц можно обеспечить сорбцию токсикантов в широком диапазоне рН.

Исследования проводились на глине каолинистого состава. Частицы глинистых грунтов обладают электрическим зарядом в силу двух причин: 1) изоморфных замещений, из-за которых базальные поверхности частиц заряжаются отрицательно (заряд  $\sigma_{str}$ ); и 2) некомпенсированных валентных связей на боковых сколах ( $\sigma_n$ ). Заряд на сколах может быть отрицательным или положительным в зависимости от величины рН (заряд изменяется из-за присоединения или отщепления ионов  $H^+$ ).

В каолинистых глинах изоморфные замещения развиты незначительно, поэтому зарядка их частиц обусловлена зарядом на сколах. Из-за этого при снижении рН порового раствора может наблюдаться смена знака заряда частиц каолинита с отрицательного на положительный заряд [1, 2].

Исследования, проведенные ранее Р.И. Злочевской и В.А. Королёвым [1] на Са-форме глуховецкого каолина методом электроосмоса, показали отсутствие перезарядки частиц в кислой области, однако у авторов появились сомнения на этот счёт.

Поэтому цель данной работы состояла в определении заряда частиц Са-формы глуховецкого каолина и установлении возможности их перезарядки в широком диапазоне рН для регулирования поглощительной способности глины. Для этого необходимо было решить следующие задачи: 1) определить  $\zeta$ -потенциал частиц при различных значениях рН; 2) сравнить результаты с имеющимися данными по определению рН точки нулевого заряда для Na-формы глуховецкого каолина.

### *Объекты и методика исследований*

Для проведения исследования был выбран практически мономинеральная Са-форма глуховецкого каолина (Украина, Полтавская обл., Глуховецкое месторождение) элювиально-го происхождения и раннеэоценового возраста. В минеральном составе преобладает каолинит, в виде примесей присутствует незначительное количество смешанослойных минералов. Ёмкость катионного обмена глины является незначительной и в стандартных условиях составляет 3,5 мг-экв /100 г грунта. По гранулометрическому составу в глине преобладает пы-

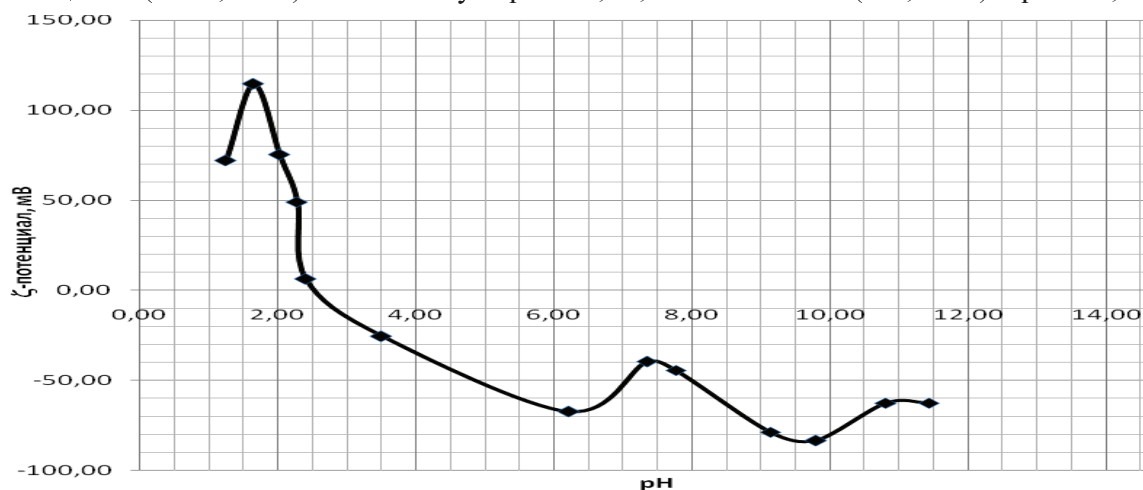
левая (47 %) и глинистая (49 %) фракции с незначительной примесью песчаной (4 %). Число пластичности глины равно 20, а предел текучести 54 %.

Определение электрического заряда каолиновых частиц проводили при различных значениях pH в диапазоне от 1 до 12. Для этого 0,5 г грунта суспендировали в 20 мл растворов HCl и Ca(OH)<sub>2</sub> различной концентрации или дистиллированной воде.

Заряд частиц характеризовался по величине ζ-потенциала, определяемого методом микроэлектрофореза на приборе Horiba SZ-100. Для этого отбирали 1 мл суспензии и разбавляли его 5 мл раствора, в котором была приготовлена суспензия. Из полученных 6 мл суспензии отбирали пробу, для определения ζ-потенциала. Таким образом, было проведено измерения ζ-потенциала при 11 разных значениях pH. Измерения ζ-потенциала многократно повторялись и рассчитывались через среднее арифметическое значение электрофоретической подвижности глинистых частиц по уравнению Смолуховского [2].

#### *Результаты и их обсуждение*

Результаты исследования представлены на рис. 1. Как видно из графика, зависимость  $\zeta = f(\text{pH})$  является нелинейной и характеризуется кривой с максимумом ζ-потенциала в кислой области и минимумом ζ-потенциала в щелочной. В широком диапазоне pH наблюдается снижение значения ζ-потенциала с увеличением pH среды (рис. 1). Наибольшее значение ζ-потенциала (+144,5 мВ) соответствует pH = 1,65, а наименьшее (-83,5 мВ) – pH = 9,79.



Зависимость ζ-потенциала частиц Ca-формы глуховецкого каолина от pH порового раствора

При  $\text{pH} < 1,65$  наблюдается некоторое уменьшение ζ-потенциала с +144,5 до +72 мВ, также при  $\text{pH} > 9,79$  отрицательная величина ζ-потенциала возрастает с -83,5 до -62,7 мВ. Это вероятно связано с тем, что в сильнокислой и сильнощелочной среде происходит агрегация глинистых частиц и сжатие диффузного слоя ДЭС, что ведёт к уменьшению соответствующего значения ζ-потенциала.

Также наблюдается локальный максимум значений ζ-потенциала в диапазоне величин  $\text{pH} = 6,21-9,13$ . Это может быть связано с тем, что с увеличением концентрации Ca(OH)<sub>2</sub>, используемого для приготовления суспензий, в диапазоне  $\text{pH} = 6,21-7,34$  происходит дозаполнение обменного комплекса глуховецкого каолина ионами Ca<sup>2+</sup> до ёмкости катионного обмена. Из-за этого в данном диапазоне наблюдается некоторое увеличение заряда.

Из полученных данных также следует, что в кислой области происходит смена знака заряда частиц. В целом перезарядка большинства каолиновых частиц происходит в области значений  $\text{pH} = 2,4-2,6$ , в этом диапазоне находится точка нулевого заряда частиц. Похожие значения ( $\text{pH} = 2,2-3,6$ ) были получены Дж. Чорвером и Г. Спозито для образцов бразильских тропических каолинитов путём потенциометрического титрования при различных

ионных силах раствора LiCl (0,001-0,01 моль/кг) [4].

В силу неоднородности и полидисперсности изучаемого каолина разные по размеру (и степени кристалличности) глинистые частицы заряжаются по-разному: у одних электрический заряд может быть больше, у других меньше. Аналогичный разброс значений наблюдается и со сменой знака заряда глинистых частиц. Вследствие особенностей применяемой методики определения  $\zeta$ -потенциала нами фиксируется как бы «усредненный заряд» по всему спектру анализируемых частиц различного размера и кристаллохимических особенностей. При этом положительный заряд некоторых частиц с ростом щелочности сохраняется вплоть до  $\text{pH} = 7,34$ , но в целом с увеличением  $\text{pH}$  доля положительно заряженных каолининовых частиц уменьшается. При  $\text{pH} > 7,34$  положительно заряженных каолининовых частиц не обнаруживается. Это согласуется с данными А. Криа и других авторов, которые указывают, что положительный заряд образуется преимущественно на Al-OH участках сколов при  $\text{pH} < 7,5$  [5]. Также значение  $\text{pH} = 7,34$  близко к величине точки нулевого заряда ( $\text{pH} = 6,8$ ), определённой для Na-формы глуховецкого каолина методом потенциометрического титрования при разных ионных силах раствора  $\text{NaNO}_3$  (0,1-0,001 моль/кг) [3].

Полученные результаты позволяют сделать некоторые заключения о возможности регулирования защитных свойств глинистых экранов, изготовленных на основе каолининовых глин, что имеет большое значение для обеспечения экологической безопасности окружающей среды и практической реализации технологий создания защитных экранов. При  $\text{pH} < 3$  такой экран будет обладать защитными и буферными свойствами по отношению к щелочным растворам загрязнителей с максимальной возможностью их нейтрализации при  $\text{pH} = 1,65$ , когда частицы глины обладают максимальным положительным электрическим зарядом. При величине  $\text{pH}$  близкой к 3 происходит перезарядка частиц.

При величине  $\text{pH}$  близкой к 10 глинистый экран будет обладать наилучшими защитными свойствами и буферной способностью по отношению к кислым растворам токсичных загрязнителей; в этом случае глинистые частицы имеют наименьший отрицательный заряд (но максимальный по модулю). При этой же величине  $\text{pH}$  глина будет обладать наибольшей ёмкостью катионного обмена, обеспечивающей проявление наибольшей поглотительной (сорбционной) способности.

Таким образом, технологии создания защитных сорбционных глинистых экранов должны разрабатываться с учетом особенностей проявления глинами кислотно-основных буферных свойств в широком диапазоне  $\text{pH}$ .

По результатам выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В целом при снижении  $\text{pH}$  порового раствора наблюдается рост величины  $\zeta$ -потенциала частиц Ca-формы глуховецкого каолина. Эта зависимость осложняется некоторыми эффектами в определённых диапазонах величин  $\text{pH}$ , связанных с полидисперсностью глины.

2. В диапазоне значений  $\text{pH} = 2,4-2,6$  происходит смена знака заряда частиц с положительного (при  $\text{pH} < 2,4$ ) на отрицательный заряд.

3. Полученные данные свидетельствуют о возможности регулирования поглотительной способности и буферных защитных свойств глины путем регулирования величины электрического заряда ее частиц, что имеет важное значение при создании защитных глинистых экранов с заданными сорбционными свойствами.

*Работа выполнена с использованием оборудования, приобретенного за счет средств «Программы развития Московского государственного университета». This work was supported in part by «M.V.Lomonosov Moscow State University Program of Development», and the authors acknowledge (partial) support from «M.V.Lomonosov Moscow State University Program of Development».*

## 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. Нестеров Д.С., Королев В.А. О влиянии рН среды на электрический заряд частиц глинистых грунтов /Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. /по материалам IX Международ. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. // отв. ред. Р.Р. Гильмутдинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. - Т.1. – С. 451-455/
4. Chorover J., Sposito G. Surface charge characteristics of kaolinitic tropical soils/ *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995. - Vol. 59. - №5. - pp. 875-884.
5. Kriaa A., Hamdi N., Srasra E. Proton adsorption and acid-base properties of Tunisian illites in aqueous solution /Журнал структурной химии. - 2009. - Том 50. - №5. - С. 288-301.  
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

V.A. Korolev, D.S. Nesterov, M.S. Chernov  
PROTECTIVE CLAY SCREENS CREATING BASED ON REGULATION OF ELECTRIC  
CHARGE PARTICLE

In order to create a protective clay screens to migration of contaminants and environmental safety of the environment, we performed studies to regulate the electric charge of clay particles. By adjusting the magnitude and sign of the electric charge increases the efficiency of sorption of protective screens, manufactured from clay soils. We have studied the factors affecting the electrical charge of kaolinite particles, allowing to adjust the sorption and buffering clay screen

Key words: clay protective screen,  $\zeta$ -potential microelectrophoresis, charged clay particles, point of zero charge

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University  
name M.V. Lomonosova»

УДК 504.54; 550.8

В.А. Королёв, А.К. Горняков

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ

Рассмотрены проблемы экологической безопасности городских территорий в связи с применением на них противогололедных реагентов в виде различных препаратов. Еще раз показано, что основную опасность их применения на городских магистралях обуславливают продукты реакции ПГР со льдом и снегом, образующиеся на дорогах в форме остатков этих реакций. Именно продукты реакций ПГР обладают токсическими и агрессивными свойствами, вызывающими ухудшение экологического состояния городских экосистем

Ключевые слова: противогололедные реагенты, экологическая безопасность городских территорий

Экологическая безопасность городских мегаполисов сложна и многообразна. Среди не решенных проблем обеспечения экологической безопасности городских территорий особое место занимает проблема применения противогололедных реагентов (ПГР). Обсуждение этой проблемы в последние годы проходило на разных уровнях, однако до сих пор не потеряло своей актуальности для ряда крупных мегаполисов России, включая г. Москву [1]. В Москве объемы применения ПГР в последние годы не снижаются и составляют значительную величину. Ежегодный объем закупок ПГР в Москве составляет от 100 до 500 тыс. тонн. Всё это количество реагентов поступает в экосистему города.

Всеми признано, что применяемые в настоящее время в Москве и других крупных городах России противогололедные материалы (ПГМ) и смеси оказывают существенное негативное влияние на экологию города, компоненты его экосистем, включая жителей. В ряде крупных городов России (например, в Санкт-Петербурге) полностью отказались от приме-