DOI: 10.15593/2224-9826/2015.1.01

УДК 691.4: 622.223.74

Н.Л. Зоценко, Е.А. ТимофееваПолтавский национальный технический университет
имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина

ШЛАМОВЫЙ АМБАР ДЛЯ ОТХОДОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН С ГРУНТОЦЕМЕНТНЫМ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫМ ЭКРАНОМ

При бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин образуются большие объемы токсичных отходов, при этом в приповерхностные участки гидросферы и литосферы поступает большое количество различных химических элементов и соединений, которые необходимо изолировать от окружающей среды. Наиболее доступным путем изоляции этих отходов является их утилизация непосредственно в земляных шламовых амбарах на территории буровой площадки или за ее пределами. Котлован шламового амбара должен иметь водонепроницаемый защитный противοфилтpационный экран при условии его долговечности и стойкости против агрессивного воздействия отходов бурения и эксплуатации нефтегазовых скважин. Рассмотрены современные методы утилизации буровых отходов, способы сооружения, эксплуатации, ликвидации шламовых амбаров. Исследован химический состав бурового шлама. Проанализированы физико-механические характеристики грунтоцемента с целью изучения возможности его применения для изготовления противοфилтpационного экрана шламового амбара. Приведены результаты экспериментальных лабораторных исследований влияния агрессивных составляющих бурового шлама на физико-механические характеристики грунтоцемента.

Методика исследований заключалась в испытании образцов грунтоцемента, выдержанных в агрессивных составляющих бурового шлама определенное время, на прочность и водонепроницаемость на лабораторных установках. В результате проведения испытаний по полученным данным были изучены водонепроницаемость и прочность на сжатие грунтоцемента. Проведенные лабораторные исследования свидетельствуют о стойкости грунтоцемента к буровому шламу и возможности использования грунтоцемента для сооружения противοфилтpационного экрана шламовых амбаров. Разработан надежный и экономичный способ сооружения шламового амбара с грунтоцементным противοфилтpационным экраном для обеспечения экологической безопасности захоронения токсичных отходов бурения и эксплуатации нефтегазовых скважин. Преимущества грунтоцемента: использование грунта из котлована шламового амбара, простота и технологичность изготовления, практически неограниченное время эксплуатации, высокая водонепроницаемость и прочность на сжатие, стойкость к агрессивным составляющим бурового шлама (коррозионная стойкость), низкая себестоимость работ, экологическая безопасность этого материала.

Ключевые слова: нефтегазовые скважины, буровой шлам, отходы эксплуатации нефтегазовых скважин, шламовый амбар, грунтоцемент, противοфилтpационный экран.

N.L. Zotsenko, E.A. Timofeeva

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

A SLUDGE PIT FOR DRILLING WASTES OF OIL AND GAS WELLS WITH SOILCEMENT WATERTIGHT SCREENS

Drilling and exploitation of oil and gas wells leads to the production of high-cubes of hazardous wastes as a result of which a big quantity of different toxic chemical elements and mixtures needed to be insulated from the environment come to the subsurface plots of hydrosphere and lithosphere. The most accessible way to isolate these wastes is to recover them immediately in earth sludge pits on the territory of a drilling site or outside it. The foundation of a sludge pit must have a waterproof safety watertight screen characterised by its endurance and stability to the aggressive action of drilling and oil and gas wells exploitation wastes. Modern methods of drilling wastes recovery as well as methods of sludge pit construction, exploitation and removal have been introduced. The chemical composition of the drilling sludge has been analyzed. Physical and mechanical characteristics of soilcement have been studied for it to be used in the construction of a watertight sludge pit screen. The results of the experimental laboratory investigation of the influence of drilling sludge corrosive components on the physical and mechanical characteristics of soilcement are introduced in this article.

The research technique comprises testing of waterproof and strength characteristics of soilcement specimen endured in drilling sludge corrosive components during a certain period of time at laboratory setups. As a result of the experiment done soilcement water resistance and compression strength characteristics have been studied. The results of the laboratory experiment signify of the resistance of soilcement to the drilling sludge and of the possibility of its usage in sludge pits watertight screen construction. A sure and economical method of the construction of sludge pits with soilcement watertight screens for the safe burial of toxic oil and gas wells drilling and exploitation wastes have been introduced. Soilcement advantages include usage of the sludge pit foundation soil, simplicity and fabricability, limitless running time, high level of water resistance and compression strength, resistance to drilling sludge corrosive components (corrosion stability), low cost, environmental safety.

Keywords: oil and gas wells, drilled sludge, oil and gas wells exploitation wastes, sludge pit, soilcement, watertight screen.

Развитие основных отраслей народного хозяйства требует расширения минерально-сырьевой базы и топливно-энергетических ресурсов, что неразрывно связано с увеличением объемов буровых работ по поиску и детальной разведкой важнейших видов полезных ископаемых. Поскольку дальнейшее увеличение числа разведочных и эксплуатационных скважин, а также объемов добычи полезных ископаемых открытым способом неразрывно связано с нарушением экологического равновесия, то защита окружающей среды и охрана недр приобретают важное народно-хозяйственное значение.

Высокая токсичность отходов бурения доказана ведущими научными институтами и учеными Российской Федерации. При бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин образуются в большом количестве токсичные и опасные для окружающей среды технологические

отходы. При бурении скважин для приготовления буровых растворов используются химические реагенты, которые относятся к веществам III–IV класса токсичности, очень опасным для окружающей среды. При разработке месторождений для интенсификации добычи углеводородного сырья используют концентрированные растворы различных кислот, поверхностно-активных веществ, ингибиторов и др. В процессе эксплуатации скважин случаются выбросы нефти, конденсата. Попадание этих веществ в водоемы, почву, грунтовые воды является экологически опасным [1, 2].

Наиболее доступным путем ликвидации отходов бурения и эксплуатации скважин является их захоронение. Практикуют ликвидацию отходов в специально отведенных местах, глубоких подземных горизонтах. Захоронение в специально отведенных местах предусматривает использование для этого специальных сооружений, брошенных карьеров и т.п. Такая ликвидация требует значительных транспортных расходов, поэтому считается экономически нецелесообразной. В основном практикуют сбор и хранение производственно-технологических полужидких отходов бурения непосредственно в земляных котлованах (шламовых амбарах) на территории буровой площадки.

В процессе строительства и эксплуатации скважин шламовые амбары заполняются буровыми сточными водами, буровым шламом, пластовыми водами, продуктами испытания скважин, материалами для приготовления и химической обработки буровых и тампонажных растворов, горюче-смазочными материалами и т.п. Но загрязнители, содержащиеся в отходах, вследствие подвижности и высокой проникающей способности мигрируют в грунтовые воды и загрязняют окружающую среду [3, 4]. Очевидно, что особые требования с точки зрения охраны окружающей среды должны применяться к защитным противοфилътрационным экранам шламовых амбаров, так как почва и грунтовые воды нуждаются в надежной защите, обеспечить которую возможно созданием барьера против распространения загрязнения. Грунтовое основание котлована шламового амбара должно быть защищено водонепроницаемым защитным противοфилътрационным экраном, обладающим свойствами долговечности и устойчивости к агрессивному воздействию отходов бурения и эксплуатации нефтегазовых скважин.

Противοфилътрационный экран – это надежная гидроизоляция дна и стенок земляных шламовых амбаров. В качестве гидроизоляции

онных материалов для противофильтрационных экранов используются уплотненные глинистые грунты, минеральный грунт, обработанный битумом с добавлением цемента, монолитный бетон, железобетонные плиты, полимербетон, асфальтобетон, асфальтополимербетон, полимерные пленки [5]. Все перечисленные материалы требуют многослойности как самого материала, так и дополнительных слоев полиэтиленовой пленки, песка, щебня, силиката, битума или других материалов для улучшения противофильтрационных характеристик¹. Это требует дополнительных затрат на материал и его доставку на участок устройства хранилища.

В практике фундаментостроения и устройства искусственных оснований довольно часто используют такой строительный материал, как грунтоцемент, также он широко используется и в качестве гидроизоляционного материала. Значительным преимуществом применения грунтоцементных элементов является то, что наиболее благоприятной средой для их устройства являются водонасыщенные грунты, в том числе те, что расположены ниже уровня грунтовых вод. Грунтоцемент представляет собой сложную многофазную систему, содержащую грунт, имеющий полидисперсный и полиминеральный состав; цемент, который соединяет частицы почвы в монолит; воду и, при необходимости, различные добавки [6, 7].

Исследования отечественных и зарубежных специалистов показывают, что прочность грунтоцемента, как и бетона, растет во времени, и такой процесс длится годами. Наиболее быстрый рост прочности наблюдается в начальный период. Повышение температуры и влажности среды значительно ускоряет процесс схватывания грунтоцемента. При хранении грунтоцемента в воде наблюдается более интенсивный рост прочности. Это свидетельствует о том, что наиболее благоприятным для схватывания грунтоцемента можно считать его нахождение в водонасыщенных грунтах или в воде. Механические характеристики грунтоцемента в первую очередь зависят от гранулометрического состава грунта, количества цемента, качества перемешивания грунтоцементной смеси. Лабораторные исследования грунтоцемента показали его высо-

¹ Патент US4166709. Metod for vaulting hazardous chemical waste materials. E02D 3/12; заявл.03.08.1978, опубл. 04.09.1979. Патент на изобретение RU № 2201949. Способ захоронения отходов бурения. Российская Федерация, E02D 31/00, C09K 7/00, B09B 3/00, заявл. 05.04.2001, опубл. 10.04.2003.

кую водонепроницаемость, которая составляет не менее W6 [8, 9]. Грунтоцемент можно использовать как надежный гидроизоляционный материал шламовых амбаров. Но для этого необходимо исследовать его устойчивость к буровому шламу и реагентам для интенсификации добычи углеводородов. Высокая водонепроницаемость грунтоцемента, которая достигается при обычном технологическом цикле без специальных добавок, открывает широкие возможности использования грунтоцемента при сооружении водонепроницаемых завес, в частности противофильтрационного экрана земляного шламового амбара.

С целью определения возможности применения грунтоцемента для сооружения противофильтрационного экрана земляного шламового амбара в Полтавском национальном техническом университете имени Юрия Кондратюка были проведены экспериментальные лабораторные исследования воздействия агрессивных составляющих бурового шлама на физико-механические характеристики грунтоцемента. Исследования осуществлялись на образцах грунтоцемента, исходными материалами для изготовления которых были цемент, вода и грунт. В качестве вяжущего для изготовления экспериментальных образцов и их исследования использовался портландцемент марки ПЦ-II/Б-III-400 в количестве 20 % от веса сухого грунта. Также использовалась вода гидрокарбонатакальциевая, слабоминерализованная, слабощелочная, показатель $pH = 8$, которая не содержит вредных примесей, препятствующих нормальному твердению цемента.

Для изготовления образцов грунтоцемента был использован суглинок лессовый, желто-коричневый, в природном сложении твердый, высокопористый, карбонатный, просадочный. Результаты лабораторных исследований физических характеристик грунта: плотность $\rho = 1,64 \text{ г/см}^3$; влажность естественная $W = 0,20$; плотность скелета грунта $\rho_d = 1,37 \text{ г/см}^3$; влажность на границе текучести $W_L = 0,3$; влажность на границе раскатывания $W_P = 0,17$; число пластичности $I_P = 0,13$.

Методика исследований. Приготовление грунтоцементной смеси заключалось в следующем. Цемент и вода в необходимом количестве перемешивались вручную до получения однородного состояния, так называемого цементного молока. Количество цемента (20 %) определялось как доля от веса сухого грунта. Затем в раствор добавлялся суглинистый грунт нарушенной структуры заданной влажности. Полученная смесь перемешивалась до однородной массы в течение 5 мин.

После перемешивания грунтоцементная смесь выкладывалась в металлические формы. Для лабораторных испытаний были изготовлены грунтоцементные образцы цилиндрической формы с размерами $h = 15,0$ см, $d = 15,0$ см в количестве 120 шт. На вторые сутки после формирования образцы извлекались из форм и хранились до испытания в воде в течение 28 сут (время набора прочности). Такая методика изготовления образцов отвечает технологии строительства шламового амбара – токсичные вещества попадают в готовый амбар.

В публикациях [3, 4] исследованы буровые растворы, их типы, назначение и химический состав. Соответственно этим исследованиям были определены наиболее распространенные химические компоненты, входящие в рецептуру приготовления разнообразных буровых растворов, и их максимально возможная концентрация. Это химические вещества с высокой концентрацией в рецептурах буровых растворов: каустическая сода (NaOH) – 2,8 %, сода кальцинированная (Na₂CO₃) – 4 %, калий хлористый (KCl) – 15 %. Данные химические вещества являются токсичными и относятся к III–IV классам экологической опасности. Изготовленные образцы были разделены на четыре группы по 30 образцов и размещены в емкости с наиболее агрессивными составляющими бурового шлама и, для сравнения, в емкость с водой:

- I группа – вода (H₂O);
- II группа – 2,8%-ный раствор каустической соды (NaOH);
- III группа – 4%-ный раствор соды кальцинированной (Na₂CO₃);
- IV группа – 15%-ный раствор калия хлористого (KCl).

Испытания образцов грунтоцемента на водонепроницаемость выполнялись в процессе выдержки в агрессивных средах и воде через 30, 90, 180, 270, 360 сут методом «мокрого пятна» на установке УВФ-6¹. Перед испытанием образцы выдерживались в помещении лаборатории в течение суток. Образцы в обойме устанавливались в гнезда установки и надежно закреплялись. Давление воды повышалось ступенями по 0,2 МПа в течение от 1 до 5 мин и выдерживалось на каждой ступени в течение 16 ч. Испытания проводились до тех пор, пока на верхней торцевой поверхности образца появлялись признаки фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна. Водонепроницаемость каждого об-

¹ ГОСТ 12730.5–84. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. М.: Изд-во стандартов, 1989. 13 с.

разца оценивается максимальным давлением воды, при котором еще не наблюдается ее просачивания сквозь образец. Водонепроницаемость группы образцов оценивается максимальным давлением воды, при котором на четырех из шести образцов не наблюдается просачивание воды. Марка грунтоцемента по водонепроницаемости принимается согласно следующим данным:

Водонепроницаемость группы образцов, МПа	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Марка по водонепроницаемости W	2	4	6	8	10	12

Результаты лабораторных испытаний образцов грунтоцемента на водонепроницаемость приведены в табл. 1, где сведены значения марки по водонепроницаемости образцов грунтоцемента в зависимости от срока и среды выдержки.

Таблица 1

Распределение по группам образцов грунтоцемента соответственно среды выдержки и срока выдержки для определения марки по водонепроницаемости

Среда выдержки образцов	Срок выдержки групп образцов, номера образцов для испытания, марка группы образцов грунтоцемента по водонепроницаемости W									
	30 сут		90 сут		180 сут		270 сут		360 сут	
	№	W	№	W	№	W	№	W	№	W
H ₂ O	1–6	4	7–12	6	13–18	6	19–24	6	25–30	6
NaOH	31–36	4	37–42	6	43–48	6	49–54	6	55–60	6
Na ₂ CO ₃	61–66	4	67–72	6	73–78	6	79–84	6	85–90	6
KCl	91–96	4	97–102	6	103–108	6	109–114	6	115–120	6

По данным табл. 1 построен график зависимости водонепроницаемости грунтоцемента от срока выдержки (рис. 1). Из графика видно, что с увеличением срока выдержки водонепроницаемость грунтоцемента повысилась.

После испытания образцов грунтоцемента на водонепроницаемость проводились исследования физико-механических характеристик грунтоцемента. Определение прочности образцов на сжатие выполнялось в процессе выдержки в агрессивных средах и воде через 30, 90, 180, 270, 360 сут с помощью пресса ПГ-100. Нагрузка прикладывалась

Рис. 1. График зависимости водонепроницаемости грунтоцемента от выдержки в агрессивных средах

до разрушения образца согласно требованиям ГОСТ 10180–90. Определение прочности на сжатие заключается в измерении минимальных усилий, разрушающих контрольные образцы при их статической нагрузке с постоянной скоростью нагружения ($0,6 \pm 0,4$) МПа/с. При этом время нагружения одного образца должно быть не менее 30 с. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимали за разрушающую нагрузку и заносили в журнал испытаний. По данным испытаний была определена прочность на сжатие R . Перед проведением испытаний определялась плотность грунтоцемента ρ , после разрушения – влажность W , по которым вычисляли плотность скелета грунтоцемента ρ_d . Каждое определение характеристик грунтоцемента проводили с 6-кратной повторяемостью. Для каждой характеристики определялся коэффициент вариации v . Результаты лабораторных испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Усредненные данные физико-механических характеристик грунтоцемента при выдержке в химических растворах

Среда выдержки образцов	Номера образцов	Влажность W , % (коэффициент вариации v)	Плотность скелета ρ_d , т/м ³ (коэффициент вариации v)	Прочность на сжатие R , МПа (коэффициент вариации v)
1	2	3	4	5
Срок выдержки 30 сут				
H ₂ O	1–6	35 (0,02)	1,32 (0,02)	5,35 (0,09)
NaOH	31–36	37 (0,09)	1,39 (0,05)	5,29 (0,07)

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Na ₂ CO ₃	61–66	37, (0,05)	1,36 (0,03)	5,13 (0,09)
KCl	91–96	34 (0,08)	1,59 (0,05)	4,78 (0,08)
Срок выдержки 90 сут				
H ₂ O	7–12	33 (0,04)	1,43 (0,02)	6,39 (0,07)
NaOH	36–42	34 (0,08)	1,46 (0,04)	6,07 (0,08)
Na ₂ CO ₃	67–72	32 (0,09)	1,45 (0,05)	5,84 (0,06)
KCl	97–102	30 (0,09)	1,36 (0,06)	5,53 (0,09)
Срок выдержки 180 сут				
H ₂ O	13–18	25 (0,08)	1,56 (0,06)	6,84 (0,08)
NaOH	43–48	28 (0,10)	1,39 (0,07)	6,53 (0,06)
Na ₂ CO ₃	73–78	28 (0,08)	1,4 (0,04)	6,06 (0,09)
KCl	103–108	27 (0,04)	1,35 (0,04)	5,69 (0,07)
Срок выдержки 270 сут				
H ₂ O	19–24	24 (0,09)	1,59 (0,06)	7,66 (0,08)
NaOH	49–54	26 (0,06)	1,45 (0,08)	7,12 (0,1)
Na ₂ CO ₃	79–84	24 (0,07)	1,47 (0,09)	6,73 (0,07)
KCl	109–114	27 (0,1)	1,46 (0,06)	6,23 (0,09)
Срок выдержки 360 сут				
H ₂ O	25–30	24 (0,07)	1,64 (0,09)	7,87 (0,07)
NaOH	55–60	25 (0,05)	1,61 (0,07)	7,33 (0,08)
Na ₂ CO ₃	85–90	23 (0,06)	1,49 (0,05)	6,89 (0,06)
KCl	115–120	22 (0,04)	1,57 (0,08)	6,39 (0,09)

Как видно из табл. 2, плотность скелета грунтоцемента ρ_d практически не меняется в течение срока выдержки грунтоцемента. Влажность W со временем меняется не существенно. По данным табл. 2 построены графики зависимости прочности грунтоцемента R от срока выдержки (рис. 2).

Из графика (см. рис. 2) видно, что с увеличением срока выдержки в агрессивных химических растворах прочность на сжатие грунтоцемента увеличилась независимо от среды, в которой происходило твердение грунтоцемента.

Авторами статьи разработана новая конструкция шламового амбара с противофильтрационным экраном из грунтоцемента, где стены котлована шламового амбара изолируются вертикальной противофильтрационной завесой из грунтоцемента с помощью технологии изготовления грунтоцементных элементов по буросмесительной технологии без выемки грунта, а дно котлована изолируется горизонтальным противофильтрационным экраном методом нанесения равномерного слоя грунтоцемента на дно котлована раствором насосом, что упрощает и удешевляет строительство шламового амбара (рис. 3).

Рис. 2. Графики зависимости прочности грунтоцемента от периода и среды выдержки: 1 – вода (H_2O); 2 – 2,8%-ный раствор каустической соды ($NaOH$); 3 – 4%-ный раствор соды кальцинированной (Na_2CO_3); 4 – 15%-ный раствор калия хлористого (KCl)

Рис. 3. Шламовый амбар: 1 – грунт; 2 – вертикальная противофильтрационная завеса; 3 – горизонтальный противофильтрационный экран; 4 – обвалование; 5 – буровой шлам

Строительство шламового амбара выполняется следующим образом. По периметру планируемого шламового амбара сооружается монолитная вертикальная противофильтрационная завеса по типу «стена в грунте» из секущихся грунтоцементных элементов, как это показано на рис. 4. Расстояние между центрами соседних элементов должно равняться $0,8d$ (d – диаметр грунтоцементных элементов). Грунтоцементные элементы изготавливаются буросмесительным методом, который заключается в том, что с помощью специального оборудования выполняется разрыхление грунта без его выемки. Одновременно в разрыхленный грунт нагнетается цементная суспензия, выполняется перемешивание и уплотнение грунтоцементной смеси, вследствие чего

в грунте образуются цилиндрические грунтоцементные элементы диаметром 0,3–0,8 м и длиной до 30 м [10]. Изготовление элементов проводится через один с тем, чтобы через 1–3 сут изготовить пропущенные. Таким способом создается сплошной экран. С увеличением количества рядов элементов повышается надежность конструкции.

Рис. 4. Схема расположения грунтоцементных элементов по периметру котлована: 1 – вертикальная противофильтрационная завеса; 2 – горизонтальный противофильтрационный экран

После твердения грунтоцемента выполняется экскавация грунта и формируется котлован амбара, дно которого изолируется горизонтальным противофильтрационным экраном методом нанесения равномерного слоя грунтоцемента на дно котлована с помощью растворонасоса. Толщина слоя грунтоцемента не менее 0,5 м. Грунт, извлеченный из котлована, используется для приготовления грунтоцемента растворосмесителем на строительной площадке. Таким образом, противофильтрационные экраны стенок и дна котлована обеспечивают надежную гидроизоляцию шламового амбара. Очевидна и экономическая эффективность данной схемы проектирования по сравнению с железобетонными плитами как по срокам, так и с позиции сумм капитальных вложений.

Выводы. Проведенные лабораторные исследования воздействия агрессивных составляющих бурового шлама на грунтоцемент показыва-

ли, что со временем прочность грунтоцемента повысилась и, соответственно, его водонепроницаемость увеличилась (с марки W4 до W6), что свидетельствует об устойчивости грунтоцемента к буровому шламу. Это доказывает возможность его использования для строительства противofильтрационного экрана шламовых амбаров.

Грунтоцементный противofильтрационный экран шламового амбара обеспечивает эффективную защиту окружающей среды и грунтовых вод от токсичных отходов бурения и эксплуатации нефтегазовых скважин. К преимуществам грунтоцемента относятся: высокая водонепроницаемость, простота и быстрота изготовления, практически неограниченный срок эксплуатации, устойчивость к агрессивным составляющим бурового шлама (коррозионная стойкость), низкая себестоимость работ, экологическая безопасность.

Библиографический список

1. Тетельмин В.В., Язев В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 352 с.
2. Пукиш А.В. Оценка токсичности отходов бурения // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 1. – С. 52–55.
3. Пукиш А.В., Семчук Я.М. Исследования химического состава и физико-химических свойств буровых сточных вод // Разведка и разработка нефтяных и газовых залежей. – 2007. – № 1 (22). – С. 141–144.
4. Булатов А.И., Макаренко П.П., Проселков Ю.М. Буровые промывочные и тампонажные растворы. – М.: Недра, 1999. – 424 с.
5. Бартоломей А.А., Брандл Х., Пономарев А.Б. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2000. – 196 с.
6. Токин А.Н. Фундаменты из цементогрунта. – М.: Стройиздат, 1984. – 184 с.
7. Могильный В.С. Устройство цементогрунтовых фундаментов // Архитектура и строительство. – 1979. – № 12. – С. 108–112.
8. Ларцева И.И. К определению физико-механических характеристик грунтоцемента // Отраслевое машиностроение, строительство: сб. науч. тр. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – Вып. 2 (27). – С. 127–134.
9. Зоценко Н.Л. Исследования водонепроницаемости грунтоцемента // Вестник Днепропетровского национального университе-

та железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вып. 32. – С. 43–48.

10. Зоценко Н.Л. Водонепроницаемые экраны из грунтоцемента, изготавливаемые по буромесительной технологии // Проблемы водоснабжения, водоотведения и гидравлики: науч.-техн. сб. / Киев. нац. ун-т строительства и архитектуры. – Киев: КНУСА, 2011. – Вып. 17. – С. 39–46.

References

1. Tetel'min V.V., Iazev V.A. Zashchita okruzhaiushchei sredy v nefte-gazovom komplekse [Environmental protection in the oil and gas industry]. Dolgoprudnyi: Intellekt, 2009. 352 p.

2. Pukish A.V. Otsenka toksichnosti otkhodov bureniia [Toxicity assessment of drilling waste]. *Ekotekhnologii i resursosberezhenie*, 2008, no. 1, pp. 52-55.

3. Pukish A.V. Issledovaniia khimicheskogo sostava i fiziko-khimicheskikh svoistv burovykh stochnykh vod [Studies of the chemical composition and physicochemical properties of drilling wastewater]. *Razvedka i razrabotka nef'tianykh i gazovykh zalezhei*, 2007, no. 1 (22), pp. 141-144.

4. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Proselkov I.M. Burovye promyvochnye i tamponazhnye rastvory [Drillings flushing and backfill agents]. Moscow: Nedra, 1999. 424 p.

5. Bartolomei A.A., Brandl H., Ponomarev A.B. Osnovy proektirovaniia i stroitel'stva khranilishch otkhodov [Principles of design and construction of waste storage]. Perm: Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2000. 196 p.

6. Tokin A.N. Fundamenty iz tsementogrunta [Cement-soil foundations]. Moscow: Stroiizdat, 1984. 184 p.

7. Mogil'nyi V.S. Ustroistvo tsementogruntovykh fundamentov [Construction of soil-cement foundation]. *Arkhitektura i stroitel'stvo*, 1979, no. 12, pp. 108-112.

8. Lartseva I.I. K opredeleniiu fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik gruntotsementa [To determination of physico-mechanical properties of soil-cement]. *Sbornik nauchnykh trudov "Otraslevoe mashinostroenie, stroitel'stvo"*. Poltava: Poltavskii natsional'nyi tekhnicheskii universitet, 2010, vol. 2 (27), pp. 127-134.

9. Zotsenko N.L. Issledovaniia vodonepronitsaemosti gruntotsementa [The study of soil-cement water resistance]. *Vesnik Dnepropetrovskogo*

natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta imeni akademika V. Lazariana, 2010, vol. 32, pp. 43-48.

10. Zotsenko N.L. Vodonepronitsaemye ekrany iz gruntotsementa, izgotavlivaemye po burosmesitel'noi tekhnologii [Waterproof soil-cement barriers, made according to drillmixing technology]. *Nauchno-tekhnicheskii sbornik "Problemy vodosnabzheniia, vodootvedeniia i gidravliki"*. Kiev, 2011, vol. 17, pp. 39-46.

Получено 04.01.2015

Сведения об авторах

Зоценко Николай Леонидович (Полтава, Украина) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Добыча нефти, газа и геотехника» Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка (36011, г. Полтава, Первомайский пр., 24, e-mail: zotcenko@mail.ru).

Тимофеева Екатерина Анатольевна (Полтава, Украина) – аспирант кафедры «Добыча нефти, газа и геотехника» Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка (36011, г. Полтава, Первомайский пр., 24, e-mail: ket2904@mail.ru).

About the authors

Nikolai L. Zotsenko (Poltava, Ukraine) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Oil and Gas Industry and Geotechnique, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (24, Pervomaiskii av., Poltava, 36011, Ukraine, e-mail: zotcenko@mail.ru).

Ekaterina A. Timofeeva (Poltava, Ukraine) – Postgraduate student, Department of Oil and Gas Industry and Geotechnique, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University (24, Pervomaiskii av., Poltava, 36011, Ukraine, e-mail: ket2904@mail.ru).