

## ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ГЛИНОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Ю.Г. Федоренко<sup>1</sup>, А.Н. Розко<sup>2</sup>, Г.П. Павлишин<sup>1</sup>

*1 – ГУ “Институт геохимии окружающей среды НАН Украины”  
пр. акад. Палладина, 34-а, г. Киев-142, 03680, Украина*

*2 – Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины  
просп. акад. Палладина, 34, г. Киев, 03680, Украина*

*E-mail: al.rozko@gmail.com*

Создание и изучение свойств гидроизолирующих материалов (глинополимерных композитов) пригодных для быстрого и эффективного решения экологических задач, например, устранение трещин в бетонных конструкциях, локализация токсичных жидких отходов, сорбция тяжелых и радиоактивных элементов, – актуальный вопрос современности. Одним из свойств, требующих детального изучения, служит водопроницаемость, которую оценивают с помощью коэффициента фильтрации. В результате исследований было установлено, что в разработанных глинополимерных композитах при градиенте напора 21,5, и содержании в образцах воды 17–34 % и песка до 50 %, измеренные коэффициенты фильтрации имеют значения  $(1,1–1,3) \times 10^{-10}$  м/с, что позволяет применять их для выполнения различных гидроизолирующих работ.

*Ключевые слова:* гидроизолирующие материалы, коэффициент фильтрации, глинополимерные композиты, водопроницаемость.

**Введение.** К новым материалам, свойства которых позволяют прогнозировать перспективность их применения при решении некоторых экологических задач, относятся глинополимерные композиты и нанокompозиты. Действительно трудно найти материал, 1 г которого может поглотить до 1000 мл воды [1] и превратиться в гидрогель, способный отдавать воду окружающей среде. Композиты имеют высокие показатели сорбции радионуклидов, в том числе из солевых растворов [2], могут полимеризоваться спустя несколько часов после смешивания всех компонентов (удлиненный индукционный период полимеризации), создают давление набухания около 50 кПа, имеют низкую стоимость, не содержат токсичных веществ и т. д. Синтез и изучение свойств композитов продолжается. Получены композиты, имеющие магнитные свойства, набухающие в воде после длительного контакта с минеральными маслами и пр.

Одна из малоизученных характеристик композитов – водопроницаемость, оцениваемая при помощи коэффициента фильтрации.

Величина коэффициента фильтрации определяется законом Дарси, описывающим движение воды в пористых средах [3]:

$$Q = K_{\phi} \times S \times H/L,$$

где  $Q$  – количество воды, фильтрующееся через поперечное сечение образца за определенное время;  $S$  – площадь поперечного сечения образца;  $H/L$  – падение напора или гидравлический градиент, действующий на участке  $L$ ;  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации.

Существует много устройств, позволяющих измерять  $K_{\phi}$ . Методическое руководство [4] рекомендует учитывать механический состав измеряемого грунта и подчеркивает, что измерение пылеватых и глинистых грунтов на стандартном приборе КФ-ООН рекомендуется выполнять с пропуском воды сверху вниз или снизу вверх (при предварительном насыщении образца грунта водой) и снизу вверх без возможности его набухания. Кроме того, для таких образцов в состав

устройства должен входить компрессионно-фильтрационный блок, позволяющий проводить испытания под нагрузкой при переменном напорном градиенте. Рекомендуется также проведение экспериментов в условиях нескольких значений градиента напора. В отличие от пылевидных и глинистых образцов грунта, состоящих из отдельных частиц, неменяющуюся пористость до 40 % и совокупность неизменных при измерении капиллярных каналов, глинополимерные образцы после полимеризации становятся монолитными с каналами, длина и диаметр которых зависят от степени набухания. Обычно в сухих образцах в зависимости от размеров частиц и количества наполнителя пористость, измеренная по пропитке керосином, составляет 0,6–0,9 %, а средний диаметр эффективных пор не превышает 1 мкм.

Измерение коэффициентов фильтрации таких образцов имеет некоторые особенности в отличие от измерения этой характеристики высокодисперсных грунтов.

Характерным свойством глинополимерных композитов служит набухание в воде или в водных растворах солей, которое сопровождается изменением конформации полимерных цепочек. Следствием этого оказывается трансформация каналов в гелеобразной среде образца, что приводит к увеличению движения жидкости и повышению коэффициента фильтрации. Следовательно, измерение коэффициента следует связывать с количеством воды в композите или его степенью набухания.

Также необходимо учитывать, что при свободно-радикальной полимеризации глинополимерных композитов следует обеспечить подвижность молекул мономеров, сшивающих веществ, окислителя и восстановителя в образцах. Это достигается путем использования пастообразной консистенции полимеризуемой смеси, что играет важную роль при практическом применении композитов. Только в таком виде они могут быть закачаны в специальные формы, в трещины в бетоне или в траншеи для создания инженерных барьеров и экранов. После окончания индукционного периода происходит реакция полимеризации и образцы становятся упругими, приобретая способность набухать и не растворяться в воде. Поэтому сразу после полимеризации композитов при ограничении набухания имеет смысл определять значение их коэффициента фильтрации.

Глинополимерные материалы появились относительно недавно, сфера их практического

применения постепенно расширяется. Продукция одних торговых марок (“Тризопласт”) применяется для гидроизоляции дна и стен котлованов под мусорные свалки, других (“Setca”) для заделки трещин и швов в стенах метрополитена, например, г. Минск [5]. Композиты на основе акрилата кальция были использованы для закрепления грунтов [6].

Сведения об этих композитах носят общий характер, о многих важных деталях обычно умалчивается. Мало известно и о величине коэффициентов фильтрации и способах его измерения.

В ряде работ [7–9], показано, что на основе глин II и IV слоев Черкасского месторождения бентонитовых и палыгорскитовых глин Украины могут быть получены водостойкие глинополимерные композиты, обладающие способностью не разрушаясь набухать в воде и водных растворах солей, сорбировать радионуклиды, поглощать соли. Эти композиты при последующем продолжении работ могут найти практическое применение, особенно в связи с разработкой способа формирования длительного индукционного периода полимеризации [10]. В то же время сведения о водопроницаемости этих материалов практически отсутствуют.

**Целью данной работы** было определение коэффициента фильтрации глинополимерных композитов (на основе отечественных глин) сразу после завершения реакции полимеризации.

**Объекты и методы исследования.** Для изучения водопроницаемости были подготовлены к синтезу образцы, состав которых приведен в таблице. Выбор этих вариантов состава обусловлен длительным индукционным периодом полимеризации (более 1 часа), степенью набухания (менее 20 г/г) и давлением набухания от 45 до 56 кПа, с невысокими значениями статического напряжения сдвига (менее  $10^3$  г/(см × с<sup>2</sup>), что позволяет в перспективе производить гидроизолирующие работы.

#### Состав глинополимерных композитов

Компоненты	Состав, %	
	I	II
Бентонит	20,31	42,47
Песок	51,21	—
Акрилат натрия	7,96	18,08
Сода кальцинированная	3,39	4,71
Персульфат аммония	0,13	0,37
N,N'-метиленабисакриламид	0,08	0,27
Вода	16,93	34,09

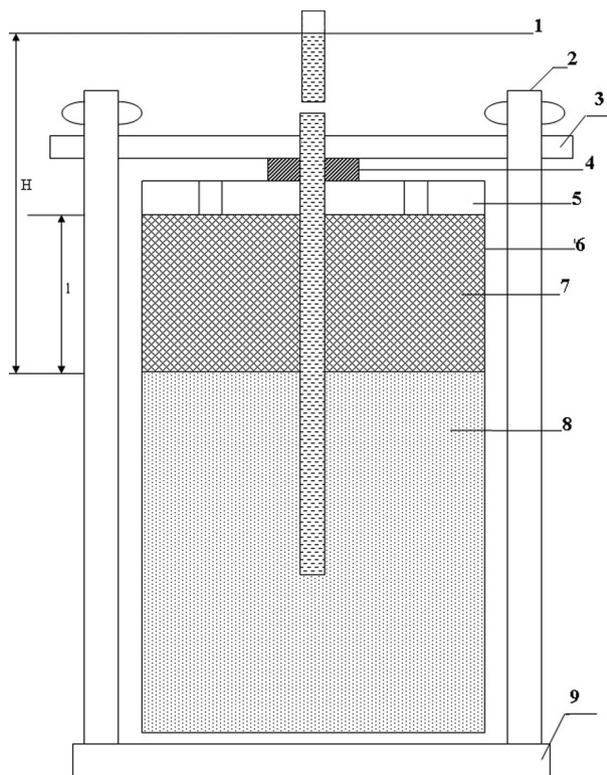


Рис. 1. Схема устройства для определения коэффициента фильтрации

Фильтрация воды через такие образцы затруднена, потому требуется достаточно высокий градиент напора, особенно в случае, когда определяется  $K_f$  образца без возможности его набухания или при контролируемой ограниченной степени набухания в воде или водных растворах солей.

Практика показала, что определение коэффициента фильтрации может быть выполнено на устройстве, схема которого дана на рис. 1. При сборке в цилиндрическую емкость (6) на дно помещается крупнозернистый песок (8), в который вставляется стеклянная трубка (1). На песок вокруг трубки наносится слой композита (7) в пастообразном виде, а сверху устанавливается крупнопористая керамика (5), которая через шайбу (4) прижимается к образцу опорной пластиной (3) с помощью тяг (2). Вся система устанавливается на основание (9). По окончании индукционного периода пастообразный образец полимеризуется, становится водостойким. Сверху через стеклянную трубку устройство заполняется водой, воздух из устройства выпускается через контрольное отверстие с заглушкой (на схеме не показано). Постоянное давление создается столбом жидкости в трубке. Уровень столба жидкости постоянно поддерживается с погрешностью около 2 %.

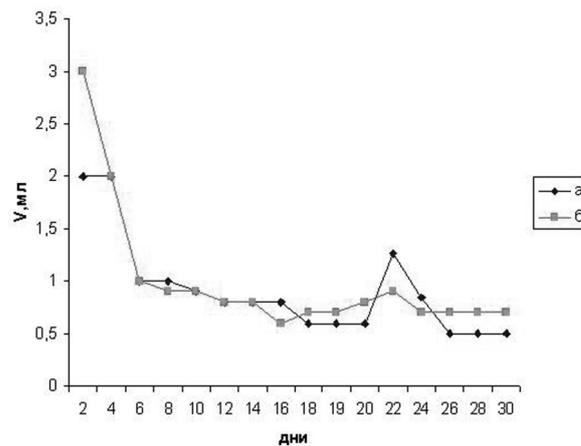


Рис. 2. Кинетика расхода воды при фильтрации через образец I (а — с ограничением, б — без ограничения)

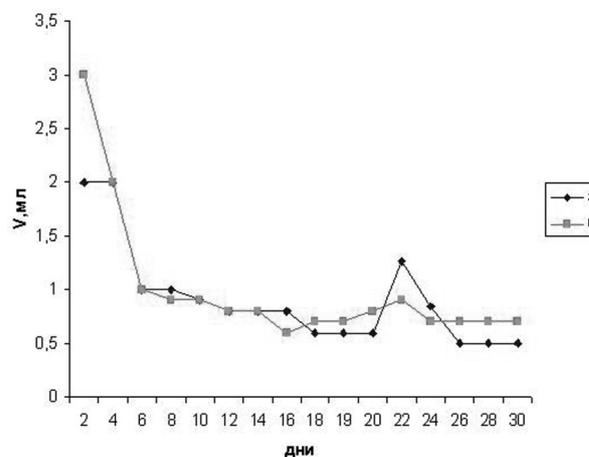


Рис. 3. Кинетика расхода воды при фильтрации через образец II (а — с ограничением, б — без ограничения)

Градиент напора ( $H/L$ ) определяется исходя из высоты столба жидкости в трубке ( $H$ ) и толщины образца ( $L$ ). При изучении образцов композитов достаточно было удерживать градиент в интервале 20–25.

**Результаты и обсуждение.** Кинетика расхода воды на поддержание градиента напора при фильтрации через образцы I и II показана на рис. 2 и 3. Несмотря на некоторые колебания, возможно связанные с перепадами атмосферного давления, видно, что режим фильтрации в изучаемых образцах при толщине 3 см устанавливается довольно длительное время — от 30 до 50 суток, причем в образце с наполнителем (песком) быстрее. Повышенный расход жидкости в первое время вызван набуханием образца, изменением геометрических размеров пластмассовой цилиндрической емкости и уплотнением песка под действием давления набухания, возможной небольшой протечкой воды

вдоль трубки и стенкой емкости. Спустя некоторое время устанавливается режим фильтрации; рассчитанные коэффициенты фильтрации составили  $1,3 \times 10^{-10}$  м/с образец I и  $1,1 \times 10^{-10}$  м/с образец II.

В изучаемых образцах количество воды составляло 17–34 %. Следовательно, приведенные коэффициенты фильтрации относятся к композициям, в которых между полимерными цепочками располагаются молекулы воды. Очевидно, что при высыхании коэффициенты фильтрации будут уменьшаться, а при набухании увеличиваться.

После снятия опорной пластины конформация полимерных цепочек меняется, образец удлиняется на 5–7 мм и становится более водопроницаемым, первоначальный расход воды для образца с песком увеличивается, а затем становится меньше, чем в образце без песка (рис. 2, 3, кривые б). В течение последующих 8–12 суток расход воды

уменьшается и приближается к значениям для сжатых образцов. В то же время увеличивается испарение воды с поверхности образцов. При таком низком коэффициенте фильтрации скорость испарения опережает скорость движения воды к поверхности и последняя остается практически сухой.

**Выводы.** Экспериментально измерены коэффициенты фильтрации воды через образцы глинополимерных композитов, имеющих длительный индукционный период полимеризации.

При градиенте напора 21,5 и содержании в композитах воды от 17 до 34 % и песка до 50 % коэффициенты фильтрации имеют близкие значения  $(1,1-1,3) \times 10^{-10}$  м/с, что позволяет применять их для гидроизолирующих работ. На основе композитов с регулируемым коэффициентом фильтрации могут быть созданы молекулярные сита – компоненты активно фильтрующих экранов.

#### Литература

1. Song X.F., Wei J.F., He T.Sh. A method to repair concrete leakage through cracks by synthesizing super – absorbent resin in situ // Cement and Concrete Research. – 2012. – 42. – P. 865–873.
2. Федоренко Ю.Г., Розко А.Н., Шабалин Б.Г. Поглощение солевого имитата трапных вод АЭС глинополимерными нанокompозитами с наполнителем // Пошукова та екологічна геохімія. – 2013. – № 1 (13). – 9 с.
3. Приклонский В.А. Грунтоведение. Часть 1. – М., 1995, – 300 с.
4. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. – М., 1990. – 14 с.
5. Шамановская Н.В. “Грушевка” – “Михайлово”: решение найдено! – Минск : РОБТ, 2012. – № 7. – С. 3–6.
6. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М. : Стройиздат, 1986. – 264 с.
7. Федоренко Ю.Г., Розко А.Н., Туронок О.Ч., Дяченко Е.В. Использование монтмориллонит – палыгорскитовых глин IV слоя Черкасского месторождения для синтеза глинополимерных нанокompозитов // Мінерал. журн. – 2013. – 35, № 1. – С. 72–77.
8. Федоренко Ю.Г., Розко А.Н., Туронок О.Ч., Дяченко Е.В. Нанокompозиты внедрения с высоким содержанием минеральной компоненты // Там само. – 2010. – 32, № 4. – С. 34–40.
9. Федоренко Ю.Г., Розко А.Н. Синтез глинополимерных нанокompозитов с использованием минеральных смесей // Пошукова та екологічна геохімія. – 2012. – №1 (12). – С. 33–36.
10. Федоренко Ю.Г., Розко А.М., Туронок О.Ч., Мазер Є.О. Спосіб формування тривалого індукційного періоду полімеризації. Патент № 90732. Бюл. № 11. – 10.06.2014.

**Федоренко Ю.Г., Розко А.М., Павлишин Г.П.**

#### Водопроницаемость глинополимерных композитов.

Створення та вивчення властивостей гідроізолювальних матеріалів (глинополімерних композитів), придатних для швидкого та ефективного вирішення екологічних завдань (усунення тріщин у бетонних конструкціях, локалізація токсичних рідких відходів, сорбція важких та радіоактивних елементів) є актуальним питанням сьогодення). Одна з властивостей, що потребує детального вивчення, – це водопроникнення, яке оцінюють за допомогою коефіцієнта фільтрації. У результаті досліджень було встановлено, що коли в розроблених глинополімерних композитах градієнті напору дорівнює 21,5, а вмісту води в зразках 17–34 % і піску до 50 %, тоді виміряні коефіцієнти фільтрації мають значення  $(1,1-1,3) \times 10^{-10}$  м/с, що дозволяє застосовувати їх для виконання різних робіт з гідроізолювання.

**Ключові слова:** гідроізолювальні матеріали, коефіцієнт фільтрації, глинополімерні композити, водопроникнення.

**Fedorenko Y.G., Rozko A.M., Pavlishin G.P.**

#### Clay-polymeric composite water permeability.

Creation and study of hydro-isolating materials (clay-polymeric composites) capable of fast solving next ecological problems as: removal of cracks within the concrete constructions, localization of toxic liquid waste, sorption of heavy and radioactive elements are the currently central problems. One of the important features yet to be extensively studied is water permeability being assessed by application of filtration factor. As a result of investigations it was found the following: in the developed composites being under study at the pressure gradient of 21,5 and water content in the samples from 17 % to 34 % sand to 50 %, the measured filtration factors have values  $(1,1-1,3) \times 10^{-10}$  m/sec that allows for clay-polymeric composites to be used when performing different hydro-isolating jobs.

**Key words:** hydro-isolating materials, filtration factors, clay-polymeric composites water permeability.

Поступила 00.00.2015.