ГИДРАВЛИКА. ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ. ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 627.82

Ю.М. Косиченко, О.А. Баев

ФГБНУ «РосНИИПМ»

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПРОКЛАДОК ИЗ ГЕОТЕКСТИЛЯ И ОЦЕНКА ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ГЕОМЕМБРАН

Предложено расчетное обоснование применения защитных прокладок из геотекстиля с целью снижения повреждаемости полимерных геомембран при наличии в защитном и подстилающем слоях крупных фракций грунта. Приведена оценка водопроницаемости противофильтрационных покрытий из геомембран с применением защитных прокладок.

Ключевые слова: противофильтрационные покрытия, геомембрана, геотекстиль, геосинтетические материалы, водопроницаемость.

Исследованиями фильтрационных характеристик грунтовых плотин и эффективности их противофильтрационных устройств в плоской постановке занимались многие ученые: Р.Р. Чугаев, В.И. Аравин, С.Н. Нумеров, В.П. Недрига, Л.Н. Павловская и др., а исследованиями более сложных задач фильтрационно-температурного режима системы плотина — основание в пространственной постановке в программных комплексах впервые было начато в МГСУ и получило свое развитие в настоящее время в работах Л.Н. Рассказова, Н.А. Анискина, С.В. Сольского и др. [1—6].

В последние 15—20 лет все большее применение у нас в стране находят противофильтрационные покрытия (ПФП) из геосинтетических материалов на каналах и накопителях отходов [7—11]. Это обусловлено тем, что такие покрытия, по сравнению с ранее применявшимися пленочными, имеют существенные преимущества. Прежде всего, их отличает высокая противофильтрационная эффективность, которая на два-четыре порядка выше, чем для пленочных экранов [12]. Ввиду большей толщины противофильтрационного элемента из геомембраны, составляющей от 1,0 до 3,0 мм и более высокому сопротивлению к прокалыванию, их повреждаемость крупными частицами грунта снижается практически на порядок. Кроме того, они характеризуются значительным сроком службы, который составляет от 50 до 100 лет, что превышает срок службы пленочных экранов в 2—3 раза.

На основании изложенных преимуществ ПФП из геомембран можно отнести к высоконадежным конструкциям [12, 13] по показателям водонепроницаемости и долговечности.

В действующих сейчас рекомендациях [14] в п. 2.2.1 указывается, что используемые для создания подстилающего и защитного слоев грунты не должны содержать неокатанных остроугольных включений, которые могут вызвать повреждение полимерного элемента.

В то же время, в п. 2.3.1 отмечается, что если используемые для создания подстилающего и защитного слоев грунты не соответствуют требованиям п. 2.2.1 рекомендаций, то для защиты полимерного материала от механических повреждений необходимо использовать защитные прокладки из геотекстильных материалов [14].

Так как защитные прокладки из геотекстиля являются сильно фильтрующими с коэффициентом фильтрации более 30 м/сут, то при наличии в геомембране сквозных повреждений эти прокладки по существу превращаются в искусственные горизонтальные фильтрационные ходы по контакту геотекстиля с геомембраной, снижающие противofильтрационную эффективность покрытий из геомембран.

Целью настоящей статьи является расчетное обоснование применения защитных прокладок из геотекстиля и водопроницаемости ПФП из геомембраны с использованием таких прокладок.

Для обоснования применения защитных прокладок из геотекстиля с целью снижения повреждаемости геомембраны рассмотрим существующие формулы для определения толщины пленочного элемента противofильтрационных устройств [14, 15].

В действующих рекомендациях [14] приводятся следующие формулы для расчета толщины полимерного противofильтрационного элемента (геомембраны):

из условия сплошности (неповреждаемости):

$$\delta = \frac{16qd_{\phi}K_{\phi}K_d}{EK_n}, \text{ мм}, \quad (1)$$

где q — нагрузка, принимаемая как большее из двух значений: в строительный или эксплуатационный период, МПа; E — модуль упругости полимерного материала, МПа; d_{ϕ} — минимальный размер максимальной фракции грунта, мм; K_{ϕ} — коэффициент формы грунтовых частиц, принимаемый $K_{\phi} = 1$ при хорошей окатанности и $K_{\phi} = 2$ при наличии остроугольных зерен; K_d — динамический коэффициент, принимаемый в зависимости от типа применяемого механизма при отсыпке грунтового защитного слоя (для бульдозера $K_d = 2,0$); K_n — коэффициент эффективности защитных прокладок (при их отсутствии $K_n = 1$);

из условия работы полимерного элемента как мембраны:

$$\delta = 0,135\alpha_3 d_{\phi} q \sqrt{\frac{E}{\sigma_p^3}}, \text{ мм}, \quad (2)$$

где q — величина гидростатического давления, МПа; σ_p — допускаемое напряжение при растяжении полимерного материала, МПа; α_3 — коэффициент эффективности, зависящий от размера максимальной фракции и толщины полотна ($\alpha_3 \leq 1$).

Подобные формулы для определения толщины пленочного элемента даны также в Инструкции СН 551—82 [15], которая в настоящее время не применяется. Представленные формулы (1) и (2) отличаются тем, что в них введены уточняющие коэффициенты K_{ϕ} , K_d и d_{ϕ} .

Значения коэффициента эффективности дополнительных прокладок K_n в зависимости от их вида, определенные экспериментально, приведены в СН

551—82 [15]. Так, для прокладок из одного-трех слоев стеклоткани коэффициент принимается $K_{\pi} = 2,0 \dots 3,0$, а рубероида марки РПП — $K_{\pi} = 5,0$.

Во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева В.Д. Глебовым и В.П. Лысенко [16] были проведены достаточно обширные экспериментальные исследования повреждаемости полимерного пленочного элемента, результаты которых подтверждают отсутствие повреждений в нем при наличии прокладок из двух слоев стеклоткани.

Другими исследованиями по повреждаемости геомембран с защитным слоем из щебня [17] установлены предельные нагрузки, при которых происходят их проколы. В опытах с щебнем фракции 5...20 мм для геомембраны без защитных прокладок предельные нагрузки составили: при толщине геомембраны 1,0 мм — 0,67 кг/см², при толщине 2,0 мм — 1,71 кг/см², а в опытах с щебнем фракции 20...40 мм соответственно — 0,22 кг/см² и 0,87 кг/см². Для геомембраны с защитными прокладками из дорнита плотностью 900 г/м² в опытах с щебнем фракции 5...20 мм предельные нагрузки на геомембрану соответственно составили — 5,55 и 13,70 кг/см², а с щебнем фракции 20...40 мм — 3,17 и 4,55 кг/см².

С учетом полученных результатов испытаний коэффициент эффективности защитных прокладок из дорнита сверху и снизу геомембраны будет равен: при наличии щебня фракции 5...20 мм и толщине геомембраны от 1,0 до 2,0 мм — $K_{\pi} = 8,28 \dots 8,01$, а при щебне фракции 20...40 мм соответственно $K_{\pi} = 14,40 \dots 5,23$.

Используя расчетные формулы (1) и (2), найдем зависимости для определения диаметра частиц грунта, мм, при которых требуется применение дополнительных защитных прокладок из геотекстиля для геомембраны:

$$d_{\phi} \geq \frac{\delta_{\text{ГМ}} E K_{\pi}}{16 q K_{\phi} K_d}; \quad (3)$$

$$d \geq \frac{\delta \sqrt{\sigma_p^3}}{0,135 \alpha q \sqrt{E}}, \quad (4)$$

где $\delta_{\text{ГМ}}$ — толщина геомембраны, мм.

Результаты выполненных расчетов по формулам (3) и (4) приведены в табл. 1. В качестве противофильтрационного элемента приняты геомембрана из полиэтилена высокого давления (ПЭВД) по ТУ 5779-002-39504194—97 [14] толщиной 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мм.

Табл. 1. Расчетный минимальный диаметр максимальной фракции грунта, при превышении которого необходимо применение защитных прокладок из геотекстиля в конструкциях ПФП

Расчетная формула	Расчетный диаметр фракции d_{ϕ} , мм, при толщине геомембраны $\delta_{\text{ГМ}}$, мм				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
(3)	3,75	7,5	11,25	15,0	18,75
(4)	4,44	8,89	13,34	17,28	22,22

Исходные данные для расчетов приняты в соответствии с рекомендациями [14]: нагрузка на экран из геомембраны в строительный период (от механизмов на пневмоходу) $q = 0,5$ МПа; в эксплуатационный период (гидростатическое давление) $q = 0,1$ МПа; модуль упругости геомембраны из ПЭВД $E = 120$ МПа; допускаемое напряжение геомембраны при растяжении $\sigma_p = 1,2$ МПа; коэффициенты $K_n = 1$, $K_\phi = 1$, $K_d = 2$, $\alpha_s = 1$.

Согласно выполненным расчетам при толщине геомембраны из ПЭВД не менее 1,0 мм защитные прокладки из геотекстиля следует применять при $d_\phi \geq 7,5$ мм, при толщине геомембраны 1,5 мм — $d_\phi \geq 11,25$ мм, а при толщине геомембраны 2,5 мм — $d_\phi \geq 18,75$ мм.

Для оценки водопроницаемости ПФП из геомембраны с использованием дополнительных защитных прокладок из геотекстиля рассмотрим основные расчетные схемы таких покрытий с одним и двумя слоями защитных прокладок из геотекстиля, которые приведены на рисунке.

Расчетные схемы водопроницаемости ПФП из геомембраны с защитными прокладками из геотекстиля: *a* — с одной защитной прокладкой из геотекстиля; *b* — с двумя защитными прокладками из геотекстиля; 1 — защитный слой; 2 — геомембрана; 3 — защитная прокладка из геотекстиля; 4 — подстилающее основание

Ниже приведем основные расчетные формулы для оценки водопроницаемости ПФП при наличии единичного малого отверстия в геомембране. При этом предполагается, что в геомембране возможно несколько отверстий (например, по данным ООО «СК «Гидрокор», два отверстия диаметром 1...3 мм

на площади 10000 м² [18]), которые расположены редко, и поэтому фильтрация через каждое отверстие происходит без взаимовлияния с другими отверстиями. Таким образом, движение фильтрационного потока через отверстие геомембраны вполне оправдано рассматривать как через единичное [13].

Так, для расчетной схемы покрытия из геомембраны с одним слоем из геотекстиля в основании (см. рис., а) используем расчетные формулы:

для 1-го фрагмента в защитном слое [19]:

$$q_1 = \frac{2\pi^2 k_1 r_0 (h_0 + \delta_0 - h_1)}{\ln(8\delta_0/\pi r_0)}, \quad (5)$$

для 2-го фрагмента в пределах сильно фильтрующего слоя геотекстиля [20, 21]:

$$q_2 = \frac{\pi^2 k_2 r_0 h_1}{\text{Arch}\left[2(2\delta_{\text{сг}}/\pi r_0)^2\right]}, \quad (6)$$

где q_1 , q_2 — фильтрационный расход через отверстие в геомембране соответственно 1-го и 2-го фрагментов; k_1 , k_2 — коэффициенты фильтрации соответственно грунта защитного слоя 1-го фрагмента и слоя геотекстиля 2-го фрагмента; r_0 — радиус отверстия прокола в геомембране, мм; h_0 — глубина воды в канале (водоеме), м; δ_0 — толщина защитного слоя, м; h_1 — пьезометрический напор в отверстии экрана, м; $\delta_{\text{сг}}$ — толщина слоя геотекстиля, мм.

Для определения неизвестного параметра h_1 — пьезометрического напора в месте отверстия — приравняем в силу неразрывности фильтрационного потока q_1 и q_2 , тогда получим

$$h_1 = \frac{2k_1 (h_0 + \delta_0) \text{Arch}\left[2(2\delta_{\text{сг}}/\pi r_0)^2\right]}{k_2 \ln(8\delta_0/\pi r_0) + 2k_1 \text{Arch}\left[2(2\delta_{\text{сг}}/\pi r_0)^2\right]}. \quad (7)$$

При расчетной схеме покрытия из геомембраны с двумя слоями геотекстиля в основании и защитном слое грунта (см. рис., б):

для 1-го фрагмента в защитном слое грунта [20, 21]:

$$q_1 = k_1 \pi R_1 \frac{h_0 + \delta_0}{\delta_0}; \quad (8)$$

для 2-го фрагмента, представляющего собой слой геотекстиля в защитном слое [20]:

$$q_2 = \frac{\pi^2 k_2 r_0 (h_0 + \delta_0 - h_1)}{\text{Arch}\left[2(2\delta_{\text{сг1}}/\pi r_0)^2\right]}, \quad (9)$$

для 3-го фрагмента в слое геотекстиля в основании геомембраны:

$$q_3 = \frac{\pi^2 k_3 r_0 h_1}{\text{Arch}\left[2(2\delta_{\text{сг2}}/\pi r_0)^2\right]}, \quad (10)$$

где R_1 — радиус активной зоны фильтрации к отверстию геомембраны; $\delta_{\text{сг1}}$, $\delta_{\text{сг2}}$ — толщина слоя геотекстиля, соответственно в защитном и подстилающем слое грунта.

Параметр h_1 найдем из условия $q_2 = q_3$:

$$h_1 = \frac{k_2 (h_0 + \delta_0) \text{Arch} \left[2(2\delta_2 / \pi r_0)^2 \right]}{k_2 \text{Arch} \left[2(2\delta_2 / \pi r_0)^2 \right] + k_3 \text{Arch} \left[2(2\delta_1 / \pi r_0)^2 \right]}. \quad (11)$$

Для оценки водопроницаемости [23—25] расчетных схем ПФП с геотекстилем и сопоставления со схемами без геотекстиля, проведем расчеты фильтрационного расхода через единичное отверстие в геомембране при следующих данных: $h_0 = 3,0$ м; $\delta_0 = 0,75$ м; $r_0 = 0,0015$ м; $k_1 = 1,3$ м/сут; $k_2 = k_r = 30$ м/сут; $k_3 = k_r = 30$ м/сут; $k_4 = 0,8$ м/сут; $\delta_{\text{сл1}} = \delta_{\text{сл2}} = 0,025$ м. При этом в качестве геотекстиля используем технические характеристики материала «Текспол» (ТУ 8397-001-68781351—2011), согласно которым коэффициент фильтрации в вертикальном направлении $k_b = 60$ м/сут, а в горизонтальном — $k_r = 30$ м/сут.

Результаты оценки водопроницаемости ПФП с геотекстилем и для сравнения — без геотекстиля приведены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты оценки водопроницаемости ПФП с геотекстилем и без геотекстиля

С одним слоем геотекстиля		Без геотекстиля		Снижение противофильтра- ционной эффек- тивности ПФП с геотекстилем, %
Фильтрационный расход через от- верстие в геомем- бране q , м ³ /сут	Напор в отверстии h_1 , м	Фильтрационный расход через от- верстие в геомем- бране q , м ³ /сут	Напор в отверстии h_1 , м	
0,0194	0,134	0,0104	1,817	86,5
С двумя слоями геотекстиля		Без геотекстиля		Снижение эффек- тивности, %
0,136	1,875	0,0104	1,817	

Как показывают представленные данные для расчетной схемы ПФП с одним слоем геотекстиля в основании геомембраны (см. рис., а) при наличии в геомембране малого отверстия наблюдается снижение противофильтрационной эффективности до 86,5 %, а для расчетной схемы с двумя слоями геотекстиля (см. рис., б) — снижение противофильтрационной эффективности на 1207,7 %. Однако в последнем случае потери на фильтрацию через малое отверстие по абсолютному значению составляют 0,136 м³/сут, тогда как при отсутствии геомембраны с учетом радиуса влияния отверстия R_1 они составят 71,75 м³/сут, т.е. они будут значительно меньше — более, чем в 527 раз.

Таким образом, несмотря на снижение противофильтрационной эффективности ПФП с геомембраной и защитными прокладками из геотекстиля, при вероятных повреждениях геомембраны в виде малых отверстий, особенно при наличии двух слоев геотекстиля, их эффективность остается достаточно высокой, а применение таких конструкций оправдано. Тем более, что при использовании двух защитных слоев геотекстиля (сверху и снизу геомембраны) практически полностью исключаются сквозные повреждения.

Выводы. 1. Предложены зависимости для определения минимального диаметра максимальной фракции грунта, при превышении которого происходит повреждение геомембраны и требуется применение дополнительных защитных прокладок из геотекстиля.

2. Предложены зависимости для определения фильтрационного расхода через малое отверстие в противофильтрационном элементе при наличии одного и двух слоев защитных прокладок из геотекстиля.

Библиографический список

1. Рассказов Л.Н., Радзинский А.В., Саинов М.П. Выбор состава глиноцементобетона при создании «стены в грунте» // Гидротехническое строительство. 2014. № 3. С. 16—23.
2. Рассказов Л.Н., Анискин Н.А. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений и оснований // Гидротехническое строительство. 2000. № 11. С. 2—7.
3. Анискин Н.А. Температурно-фильтрационный режим пригребневой зоны грунтовой плотины в суровых климатических условиях // Вестник МГСУ. 2013. № 4. С. 129—137.
4. Анискин Н.А., Антонов А.С., Мгалобелов Ю.Б., Дейнеко А.В. Исследование фильтрационного режима оснований высоких плотин на математических моделях // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 114—131.
5. Анискин Н.А., Мемарианфард М.Е. Учет анизотропии в фильтрационных расчетах и расчетах устойчивости откосов грунтовых плотин // Вестник МГСУ. 2010. № 1. С. 169—174.
6. Сольский С.В., Новицкая О.И., Кубетов С.В. Оценка эффективности дренажных и противофильтрационных устройств бетонных плотин на скальном основании (на примере Бурейской ГЭС) // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 4 (48). С. 28—38.
7. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов. Новочеркасск : РосНИИПМ, 2014. 239 с.
8. Сольский С.В., Орлова Н.Л. Перспективы и проблемы применения в грунтовых гидротехнических сооружениях современных геосинтетических материалов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2010. Т. 260. С. 61—68.
9. Косиченко Ю.М., Ломакин А.В. Гибкие конструкции противофильтрационных и берегоукрепительных покрытий с применением геосинтетических материалов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2012. № 5 (168). С. 73—79.
10. Глаговский В.Б., Сольский С.В., Лопатина М.Г., Добровская Н.В., Орлова Н.Л. Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. 2014. № 9. С. 23—27.
11. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Миронов В.И., Ищенко А.В. и др. Выбор эффективной и надежной противофильтрационной защиты русел открытых каналов при реконструкции оросительных систем (рекомендации). Ростов-н/Д. : Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2008. 68 с.
12. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Высоконадежные конструкции противофильтрационных покрытий каналов и водоемов, критерии их эффективности и надежности // Гидротехническое строительство. 2014. № 8. С. 18—25.
13. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Ищенко А.В., Баев О.А. Высоконадежные конструкции противофильтрационных облицовок каналов и водоемов с применением инновационных материалов. Новочеркасск, 2013. Деп. в ВИНТИ 13.01.2014. № 7-В 2014. 26 с.

14. Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов. СПб. : НИИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1999. 40 с.
15. Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов. СН 551—82. М. : Стройиздат, 1983. 40 с.
16. Глебов В.Д., Кричевский И.Е., Лысенко В.П., Судаков В.Б., Толкачев Л.А. Пленочные противофильтрационные устройства гидротехнических сооружений / под ред. И.Е. Кричевского. М. : Энергия, 1976. 207 с.
17. Лупачев О.Ю. Исследования повреждаемости геомембран частицами грунта защитных слоев // Геосинтетические материалы в промышленном и гидротехническом строительстве : сб. мат. I Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. Н.И. Ватина, О.И. Гладштейна. СПб. : Изд-во Тандем, 2011. С. 35—49.
18. Гладштейн О.И. Особенности применения геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве // Гидротехника. 2009. № 1 (14). С. 69—70.
19. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Теоретическая оценка водопроницаемости противофильтрационных облицовок нарушенной сплошности // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский Регион. Технические науки. 2014. № 3. С. 6—74.
20. Алтунин В.С., Бородин В.А., Ганчиков В.Г., Косиченко Ю.М. Защитные покрытия оросительных каналов. М. : Агропромиздат, 1988. 158 с.
21. Косиченко Ю.М., Бородин В.А., Ищенко А.В. Инструкция по расчету водопроницаемости и эффективности противофильтрационных облицовок каналов. М. ; Новочеркасск, 1984. 99 с.
22. Недрига В.П. Инженерная защита подземных вод от загрязнения промышленными стоками. М. : Стройиздат, 1976. 95 с.
23. Ищенко А.В. Гидравлическая модель водопроницаемости и эффективности противофильтрационных облицовок крупных каналов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2010. Т. 258. С. 51—64.
24. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Математическое и физическое моделирование фильтрации через малые повреждения противофильтрационных устройств из полимерных геомембран // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2014. Т. 274. С. 60—74.
25. Ищенко А.В. Складченко Е.О. Конструктивные схемы противофильтрационной защиты накопителей отходов и фильтрационные расчеты их эффективности // Гидротехническое строительство. 2007. № 3. С. 21—25.

Поступила в редакцию в ноябре 2014 г.

Об авторах: **Косиченко Юрий Михайлович** — доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке, **Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (ФГБНУ «РосНИИПМ»)**, 346400, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, д. 190, 8 (8635) 26-51-11, Oleg-Baev1@yandex.ru;

Баев Олег Андреевич — аспирант, младший научный сотрудник, **Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (ФГБНУ «РосНИИПМ»)**, 346400, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, д. 190, 8 (8635) 26-50-68, Oleg-Baev1@yandex.ru.

Для цитирования: *Косиченко Ю.М., Баев О.А. Обоснование применения защитных прокладок из геотекстиля и оценка водопроницаемости противофильтрационных покрытий из геомембран // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 48—58.*

RATIONALE FOR THE USE OF PROTECTIVE GASKETS MADE OF GEOTEXTILES AND PERMEABILITY EVALUATION OF IMPERVIOUS COATINGS MADE OF GEOMEMBRANES

The purpose of this paper is to design rationale for the use of protective pads of geotextiles and geomembranes permeability of PD using these pads.

In order to justify the use of protective pads made of geotextile for reducing the defectiveness geomembrane soil fractions, the existing formulas to determine the thickness of the film element of impervious devices were examined.

The calculations according to the formulas show that HDPE geomembrane with a minimum thickness of 1,0 mm, the protective lining of the geotextile should be applied at the average diameter fractions of soil of more than 6,5 mm, and for geomembranes HDPE — at a diameter of soil fractions of over 15,5 mm.

In order to estimate the permeability of the TFG geomembrane using additional protective linings of geotextile in the scientific article the basic design schemes of such coatings with one and two layers of protective linings of geotextiles were considered.

The evaluation results of water permeability of impervious surfaces with geotextile and for comparison — without geotextiles are given in a table.

As it is shown by the data presented for the design scheme with a single layer of geotextile geomembrane at the base (in the presence of small holes in the geomembrane) the decrease the effectiveness of an anti-covering is more than 268,0 %, and for the settlement scheme covering with two layers of geotextile there will be a very large reduction in the efficiency, which almost completely reduces the effectiveness of the coating to the value of the geomembrane permeability of a soil layer without geomembrane with the filtration flow rate of 71,75 m³/day, against water permeability of the geomembrane cover — 38,52 m³/day.

From the foregoing, it can be concluded that the application of a coating design of well filtering gaskets made of geotextile is justified in terms of protecting the geomembrane from mechanical damage, but greatly reduces the effectiveness of impervious cover in case of its damage.

Key words: impervious cover, geomembrane, geotextile, geosynthetics, permeability water.

References

1. Rasskazov L.N., Radzinskiy A.V., Sainov M.P. Vybór sostava glinotsementobetona pri sozdanií «stény v grunte» [Choosing the Composition of Clay Cement Concrete while Constructing the "Wall in the Soil"]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2014, no. 3, pp. 16—23. (In Russian)
2. Rasskazov L.N., Aniskin N.A. Fil'tratsionnye raschety gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i osnovaniy [Seepage Analysis of Hydraulic Structures and Bases]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2000, no. 11, pp. 2—7. (In Russian)
3. Aniskin N.A. Temperaturno-fil'tratsionnyy rezhim prigrebnoy zony gruntovoy plotiny v surovyykh klimaticheskikh usloviyakh [Thermal and Filtration Behaviour of the Earth Dam Crest Area in Severe Climatic Conditions]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 4, pp. 129—137. (In Russian)
4. Aniskin N.A., Antonov A.S., Mgalobelov Yu.B., Deyneko A.V. Issledovanie fil'tratsionnogo rezhima osnovaniy vysokikh plotin na matematicheskikh modelyakh [Studying the Filtration Mode of Large Dams' Foundations on Mathematical Models]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 10, pp. 114—131. (In Russian)
5. Aniskin N.A., Memarianfard M.E. Uchet anizotropii v fil'tratsionnykh raschetakh i raschetakh ustoychivosti otkosov gruntovykh plotin [Accounts for Anisotropy in Seepage Analyses of Stability Calculation of Soil Dam Slopes]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2010, no. 1, pp. 169—174. (In Russian)

6. Sol'skiy S.V., Novitskaya O.I., Kubetov S.V. Otsenka effektivnosti drenaznykh i protivofil'tratsionnykh ustroystv betonnykh plotin na skal'nom osnovanii (na primere Bureyskoy GES) [Efficiency Determination of the Drainage and Impervious Devices of Concrete Dams on Rock Base (on the Example of Bureyskaya HPP). *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Magazine of Civil Engineering]. 2014, no. 4 (48), pp. 28—38. (In Russian)
7. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. *Protivofil'tratsionnye pokrytiya iz geosinteticheskikh materialov* [Impervious Coatings Made of Geosynthetics]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 2014, 239 p. (In Russian)
8. Sol'skiy S.V., Orlova N.L. Perspektivy i problemy primeneniya v gruntovykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh sovremennykh geosinteticheskikh materialov [Prospects and Problems of Using Modern Geosynthetics]. *Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva* [Proceeding of the VNIIG]. 2010, vol. 260, pp. 61—68. (In Russian)
9. Kosichenko Yu.M., Lomakin A.V. Gibkie konstruksii protivofil'tratsionnykh i beregoukrepitel'nykh pokrytiy s primeneniem geosinteticheskikh materialov [Flexible Structures of Impervious and Coast-Protecting Coatings Using Geosynthetics]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Scientific-educational and applied Journal *Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region*]. 2012, no. 5 (168), pp. 73—79. (In Russian)
10. Glagovskiy V.B., Sol'skiy S.V., Lopatina M.G., Dobrovskaya N.V., Orlova N.L. Geosinteticheskie materialy v gidrotekhnicheskom stroitel'stve [Geosynthetics in Hydraulic Engineering]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2014, no. 9, pp. 23—27. (In Russian)
11. Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Mironov V.I., Ishchenko A.V., et al. *Vybor effektivnoy i nadezhnoy protivofil'tratsionnoy zashchity rusel otkrytykh kanalov pri rekonstruktsii orositel'nykh sistem (rekomentatsii)* [Choosing Efficient and Reliable Cut-off Wall for the Open Canal Beds during Reconstruction of Irrigation Systems (Recommendations)]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh YuFU Publ., 2008, 68 p. (In Russian)
12. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Vysokonadezhnye konstruksii protivofil'tratsionnykh pokrytiy kanalov i vodoemov, kriterii ikh effektivnosti i nadezhnosti [Highly-Reliable Structures of Membranes for Channels and Reservoirs, their Efficiency and Reliability Criteria]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2014, no. 8, pp. 18—25. (In Russian)
13. Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Ishchenko A.V., Baev O.A. *Vysokonadezhnye konstruksii protivofil'tratsionnykh oblitsovok kanalov i vodoemov s primeneniem innovatsionnykh materialov* [Highly Reliable Structures of Seepage-control Lining of Channels and Reservoirs Using Innovative Materials]. Novocherkassk, 2013, Dep. v VINITI 13.01.2014, no. 7-V 2014, 26 p. (In Russian)
14. *Rekomentatsii po proektirovaniyu i stroitel'stvu protivofil'tratsionnykh ustroystv iz polimernykh rulonnykh materialov* [Recommendations on Design and Construction of Geomembranes Made of Polymer Roll Materials]. Saint Petersburg, NII AKKh im. K.D. Pamfilova Publ., 1999, 40 p. (In Russian)
15. Instruksiya po proektirovaniyu i stroitel'stvu protivofil'tratsionnykh ustroystv iz polietilenovoy plenki dlya iskusstvennykh vodoemov [Specification on Design and Construction of Geomembranes Made of Polyethylene Film for Artificial Reservoirs]. Requirements SN 551—82. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983, 40 p. (In Russian)
16. Glebov V.D., Krichevskiy I.E., Lysenko V.P., Sudakov V.B., Tolkachev L.A. *Plenochnye protivofil'tratsionnye ustroystva gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Film Geomembranes of Hydraulic Structures]. Moscow, Energiya Publ., 1976, 207 p. (In Russian)
17. Lupachev O.Yu. Issledovaniya povrezhdaemosti geomembran chastitsami grunta zashchitnykh sloev [Investigation of Geomembrane Damaging by Soil Particles of Protecting Layers]. *Geosinteticheskie materialy v promyshlennom i gidrotekhnicheskom stroitel'stve : sbornik materialov I Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Geosynthetics in Industrial and Hydraulic Engineering : Collection of Works of the 1st International Science and Technical Conference]. Saint Petersburg Tandem Publ., 2011, pp. 35—49. (In Russian)
18. Gladsteyn O.I. Osobennosti primeneniya geosinteticheskikh materialov v gidrotekhnicheskom stroitel'stve [Features of Geosynthetics Use in Hydraulic Engineering]. *Gidrotekhnika* [Hydrotechnics]. 2009, no.1 (14), pp. 69—70. (In Russian)

19. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Teoreticheskaya otsenka vodopronitsaemosti protivofil'tratsionnykh oblitsovok narushennoy sploshnosti [Theoretical Estimation of Permeability of Seepage-control Linings with the Disturbed uniformity]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Scientific-educational and applied Journal Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region]. 2014, no. 3, pp. 6—74. (In Russian)
20. Altunin V.S., Borodin V.A., Ganchikov V.G., Kosichenko Yu.M. *Zashchitnye pokrytiya orositel'nykh kanalov* [Protective Coverings of Irrigation Channels]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988, 158 p. (In Russian)
21. Kosichenko Yu.M., Borodin V.A., Ishchenko A.V. *Instruktsiya po raschetu vodopronitsaemosti i effektivnosti protivofil'tratsionnykh oblitsovok kanalov* [Recommendations on Permeability and Efficiency Calculation of Seepage-control Linings of the Channels]. Moscow, Novocherkassk, 1984, 99 p. (In Russian)
22. Nedriga V.P. *Inzhenernaya zashchita podzemnykh vod ot zagryazneniya promyshlennymi stokami* [Engineering Protection of Underground Waters from Industrial Waste Pollution]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1976, 95 p. (In Russian)
23. Ishchenko A.V. Gidravlicheskaya model' vodopronitsaemosti i effektivnosti protivofil'tratsionnykh oblitsovok krupnykh kanalov [Hydraulic Model of Permeability and Efficiency of Seepage-control Linings of Big Channels]. *Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva* [Proceeding of the VNIIG]. 2010, vol. 258, pp. 51—64. (In Russian)
24. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Matematicheskoe i fizicheskoe modelirovanie fil'tratsii cherez malye povrezhdeniya protivofil'tratsionnykh ustroystv iz polimernykh geomembran [Mathematical and Physical Modelling of Filtration through Small Damages of Impervious Devices Made of Polymer Geomembranes]. *Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva* [Proceeding of the VNIIG]. 2014, vol. 274, pp. 60—74. (In Russian)
25. Ishchenko A.V. Sklyarenko E.O. Konstruktivnye skhemy protivofil'tratsionnoy zashchity nakopiteley otkhodov i fil'tratsionnye raschety ikh effektivnosti [Structural Schemes of Impervious Protection of Waste Deposits]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering]. 2007, no. 3, pp. 21—25. (In Russian)

About the authors: **Kosichenko Yuriy Mikhaylovich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Science, **Russian Research Institute of Land Improvement Problems (ROSNIIPM)**, 190 Baklanovskiy prospekt, Novocherkassk, Rostov region, 346400, Russian Federation; +7 (6352) 26-51-11; Oleg-Baev1@yandex.ru;

Baev Oleg Andreevich — postgraduate student, junior researcher worker, **Russian Research Institute of Land Improvement Problems (ROSNIIPM)**, 190 Baklanovskiy, Novocherkassk, Rostov region, 346400, Russian Federation; +7 (6352) 26-50-68; Oleg-Baev1@yandex.ru.

For citation: Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Obosnovanie primeneniya zashchitnykh prokladok iz geotekstilya i otsenka vodopronitsaemosti protivofil'tratsionnykh pokrytiy iz geomembran [Rationale for the Use of Protective Gaskets Made of Geotextiles and Permeability Evaluation of Impervious Coatings Made of Geomembranes]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 3, pp. 48—58. (In Russian)