

Ю.М. КОСИЧЕНКО, О.А. БАЕВ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск, Российская Федерация

НАДЕЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ГЕОКОМПОЗИТНЫХ МАТОВ В ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматривается оценка надежности геокomпозитного дренажного материала, применяемого в гидромелиоративном строительстве, с учетом последовательного соединения отдельных его геосинтетических элементов. Отличительной особенностью такого материала является выполнение его из сочетания георешетки и дренирующего элемента (нетканого геотекстиля). Геокomпозитный дренажный материал может также применяться для грунтовых гидротехнических сооружений (плотин, дамб, каналов, водохранилищ, прудов и др.), а также при устройстве накопителей отходов различного назначения. В результате проведенных испытаний определены его основные физико-механические характеристики, по данным проведенных расчетов получен график изменения коэффициента старения материала от его долговечности. Анализ полученных данных на графике позволяет определить прогнозный срок службы в зависимости от коэффициента старения материала, который изменяется от 25 лет при $K_{\sigma} = 0,90$ до 43 лет при $K_{\sigma} = 0,50$ для кривой $Q / E = 0,55$ и от 37 лет при $K_{\sigma} = 0,90$ до 60 лет при $K_{\sigma} = 0,50$ для кривой $Q / E = 0,85$. Приводятся конструктивные решения для дренажных устройств в плотинах, каналах и подпорных стенках.

Материал геокomпозитный дренажный, георешетка, геотекстиль, фильтрующий элемент, дренажный мат.

Введение. Дренажи применяются в гидромелиоративном строительстве для таких сооружений, как грунтовые плотины, каналы, защитные дамбы, подпорные стенки, для крепления откосов, берегов и многих других целей [1-3]. В связи с этим требуется создание новых композитных дренажных материалов, обладающих повышенной надежностью и водопроницаемостью.

Актуальность применения дренажных материалов при создании дренажей в гидротехнических сооружениях связана с необходимостью повышения их долговечности и эксплуатационной надежности. Кроме этого, в последние годы А.П. Гурьевым, Н.В. Хановым, К.Д. Козловым [4, 5] и другими учеными проведен ряд гидравлических исследований, направленных на изучение

работы конструкций защитных покрытий из аналогичных геокomпозитных материалов применительно к гидротехническим сооружениям.

Перспективность применения геокomпозитных материалов (в том числе для строительства дренажей) подтверждается многими работами [6-9], а также ведущими компаниями-производителями: «Техполимер», «Геопродукт», «Naue», «Сибстройэкология» и другими [10].

Целью данной статьи является изучение надежности и долговечности дренажного геокomпозитного мата, состоящего из георешетки (служащей каркасом геокomпозитного материала) и нетканого геотекстиля (представляющего собой фильтрующий элемент).

Георешетка для дренажного мата изготавливается из пропиленовых волокон (первичного сырья) методом экструзии и представляет собой плоский проницаемый геосинтетический материал, в котором параллельные элементы скреплены во взаимно перпендикулярных направлениях. Ячейки георешетки могут выполняться размером 65 × 65, 40 × 40 и 33 × 33 мм.

Для фильтрующего элемента применяются геотекстиль нетканый, который изготавливается иглопробивным способом из полипропилена.

Дренажный мат из геокомпозита, включающий георешетку из полипропилена и геотекстиль нетканый в один-два слоя (рис. 1), соединяются между собой термическим способом.

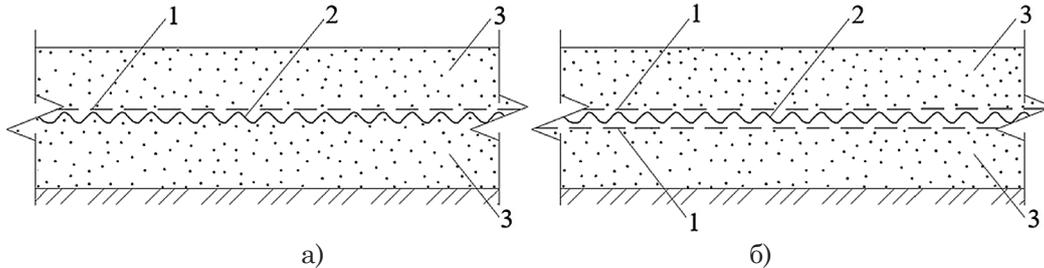


Рис. 1. Дренажные геокомпозитные материалы:

а – с одним слоем геотекстиля и георешеткой; б – с двумя слоями геотекстиля и георешетки; 1 – геотекстиль нетканый; 2 – георешетка; 3 – грунт основания или тела плотины

Материалы и методы: Методика исследований геокомпозитного дренажного мата основана на расчетном методе оценки надежности и его долговечности. Для этого используются расчетные зависимости теории надежности при последовательном соединении основных элементов, когда они независимы, а также формула вероятности безотказной работы при наличии статистической связи между такими элементами.

Результаты и обсуждение. Согласно принятой гипотезы о повышении надежности, долговечности и эффективности дренажного мата, состоящего из нескольких геосинтетиков, рассмотрим его сравнение с отдельными элементами, входящими в состав комбинированного материала (рис. 1).

Теоретически надежность геокомпозитного дренажного материала марки «GP» с учетом основания из грунта может определяться вероятностью безотказной его работы при эксплуатации с учетом последовательного соединения его элементов по следующей зависимости:

$$P_{\text{рк}}(t) = P_{\text{гр}}(t_1) \cdot P_{\text{гр}}(t_2) \cdot P_{\text{ос}}(t), \quad (1)$$

где $P_{\text{рк}}(t)$ – вероятность безотказной работы дренажного геокомпозитного материала; $P_{\text{гр}}(t)$ – вероятность безотказной работы георешетки; $P_{\text{гт}}(t)$ – вероятность безотказной работы геотекстиля; $P_{\text{ос}}(t)$ – вероятность безотказной работы основания.

Таким образом, вероятность безотказного состояния геокомпозита дренажного

материала будет зависеть от вероятности безотказной работы георешетки, геотекстиля и грунтового основания, которые при последовательном их соединении перпендикулярно полотнищу материала перемножаются.

При этом вероятность безотказной работы выражается через плотность вероятности отказа в виде интеграла:

$$P_{\text{рк}}(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_1^{\infty} f(t) dt, \quad (2)$$

где $f(t)$ – плотность вероятности отказа.

На практике при определении $P(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов при их эксплуатации используют метод непосредственного подсчета вероятности по зависимости:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (3)$$

где N_0 – число однородных наблюдаемых элементов; $n(t)$ – число элементов, отказавших за время работы (t).

Под отказами здесь будем понимать возможные дефекты и повреждения, которые могут образовываться в процессе изготовления или при эксплуатации геокомпозитного дренажного материала.

В случае, когда между основными элементами геокомпозитного дренажного материала при последовательном их соединении имеется статистическая связь, вероятность

безотказной работы материала устанавливается из следующего соотношения [11]:

$$P' = \prod_{i=1}^n P_i + (P_m - \prod_{i=1}^n P_i) \cdot K_N, \quad (4)$$

где K_N – коэффициент, учитывающий статистическую взаимосвязь между отказами элементов материала, который вычисляется по формуле:

$$K_N = \frac{2}{\pi \cdot C} \sum \arcsin \rho_{H_i H_j}, \quad (5)$$

$$C = \frac{n(n-1)}{2},$$

где $\rho_{H_i H_j}$ – коэффициент корреляции между событиями H_i и H_j ; H_i , H_j – соответственно безотказное состояние элемента материала и отказное состояние; $P_m = \min P(H_i)$ – минимальное из значений P_i .

Применительно к изучаемому геокомпозитному дренажному материалу выражение (4) получит нижеследующий вид:

$$P'_{\text{ГР}} = (P_{\text{ГР}} \cdot P_{\text{ГР}} \cdot P_{\text{ОС}}) + [P_m - (P_{\text{ГР}} \cdot P_{\text{ГР}} \cdot P_{\text{ОС}})] \cdot K_N \quad (6)$$

Для прогноза долговечности (срока службы) геокомпозитного дренажного материала используем уравнение теории надежности Аррениуса, которое считается основным уравнением старения [12]:

$$\ln \sigma_p = \ln \sigma_0 - K'' \cdot \tau \cdot e^{-\frac{Q}{E}}. \quad (7)$$

где σ_p – мгновенная прочность, кН/м; σ_0 – начальная прочность, кН/м; Q – энергия активации; E – энергия реакции; K'' – коэффициент, учитывающий функцию концентрации реагирующих веществ, а также их природы.

После преобразования уравнения (7), получим выражение для определения долговечности (срока службы) материала:

$$\tau = \frac{\ln \sigma_0 - \ln \sigma_p}{K'' \cdot e^{-\frac{Q}{E}}}. \quad (8)$$

При оценке эффективности фильтрующих свойств геокомпозитного дренажного материала используем соотношение коэффициентов фильтрации данного материала и аналога:

$$\Theta = \frac{k_{\text{ФГР}}}{k_{\text{Фан}}}. \quad (9)$$

где $k_{\text{ФГР}}$ – коэффициент фильтрации геокомпозитного дренажного материала, м/сут; $k_{\text{Фан}}$ – коэффициент фильтрации выбранного аналога, м/сут.

Результаты исследований физико-механических характеристик материала проведены в соответствии с действующими нормативными документами. В таблице 1 приведены основные физико-механические характеристики материала.

Надежность комбинированного материала обуславливается достаточно высокой прочностью при растяжении, составляющей при максимальной нагрузке не менее 45 кН/м, и относительным удлинением георешетки при максимальной нагрузке – не более 15% (см. табл. 1). Эффективность фильтрования через геотекстиль нетканый будет обеспечиваться коэффициентом фильтрации при давлении 2,0 кПа – не менее 60 м/сут.

Таблица 1

Физико-механические характеристики материала геокомпозитного дренажного марки «ГР»

Наименование характеристики	Значение параметра
Прочность при растяжении материала, не менее, кН/м	
– при максимальной нагрузке	45,0
– при относительном удлинении 2%	30,0
– при относительном удлинении 5%	15,0
Поверхностная плотность георешетки, г/м ²	560 ± 10%
Поверхностная плотность геотекстиля, г/м ²	200 ± 10%
Относительное удлинение георешетки при максимальной нагрузке, не более, %	
– вдоль	15
– поперек	15
Коэффициент фильтрации нормально к плоскости материала при давлении, м/сут, не менее:	
– 2,0 кПа	60,0
– 20,0 кПа	50,0
– 200,0 кПа	30,0

Геометрические размеры материала приняты следующими: ширина – 4,0 м,

длина – 25,0 м, ширина выпусков геотекстиля по длине материала, не менее – 0,1 м.

Отбор проб и подготовка образцов для испытаний проводились по ГОСТ Р 50275, поверхностная плотность – по ГОСТ Р 50277, прочность при растяжении и относительное удлинение – по ГОСТ Р 55030 (ширина образца не менее 200 мм, расстояние между зажимами не менее 100 мм), коэффициент фильтрации геотекстиля – по ГОСТ 52608.

Расчеты надежности геотекстильного дренажного материала проводились по формулам (1), (4), (5) и (6) при следующих исходных данных: $P_{гр} = 0,98$; $P_{гт} = 0,95$;

$P_{ос} = 0,93$; $\rho_{H_i, H_j} = 0,48$; 1,0; 0,95; 0,997; 0,999. Результаты расчетов для шести вариантов представлены в таблице 2.

Анализ полученных результатов в таблице 2 показывает, что при отсутствии статистической связи надежность геокompозитного материала изменяется от 0,82 до 0,87, а при наличии статистической связи надежность материала для всех вариантов увеличивается, что соответствует структуре геокompозита, где георешетка скрепляется с геотекстилем путем сплавления.

Таблица 2

Результаты расчета надежности дренажного геокompозитного мата с учетом грунтового основания

Состав элементов дренажного геокompозита	$P_{гр}$	$P_{гт1}$	$P_{гт2}$	$P_{ос}$	ρ_{H_i, H_j}	K_N	$P_{гк}$
Независимый гр + гт + ос	0,98	0,95	–	0,93	–	–	0,87
Зависимый гр + гт + ос	0,98	0,95	–	0,93	0,48	0,106	0,882
Зависимый гр + гт + ос	0,98	0,95	–	0,93	1,0	0,33	0,89
Независимый гт 1 + гр + гт 2 + ос	0,98	0,95	0,95	0,93	–	–	0,82
Зависимый гт 1 + гр + гт 2 + ос	0,98	0,95	0,95	0,93	0,48	0,053	0,826
Зависимый гт 1 + гр + гт 2 + ос	0,98	0,95	0,95	0,93	1,0	0,167	0,838

Прогноз долговечности или расчетного срока службы разработанного геокompозитного материала выполним по зависимости (8) с учетом коэффициента старения материала (K_σ) по показателям его прочности при растяжении

$$K_\sigma = \sigma_p / \sigma_0,$$

где σ_p – прочность при растяжении за период времени (t); σ_0 – прочность при максимальной нагрузке.

Для проведения расчетов примем следующие исходные данные: $\sigma_0 = 45$ кН/м, $\sigma_p = 22,5$ кН/м, значения коэффициента $K'' = 0,0280 \div 0,0073$, коэффициент старения $K_\sigma = 0,50$; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90, относительно $Q/E = 0,85$; 0,75; 0,65; 0,55.

По данным проведенных расчетов построен график изменения коэффициента старения материала K_σ от долговечности (срока службы) τ и отношения Q/E (рис. 2).

Анализ полученных данных на графике позволяет определить прогнозный срок службы в зависимости от коэффициента старения материала, который изменяется от 25 лет при $K_\sigma = 0,90$ до 43 лет при $K_\sigma = 0,50$ для кривой $Q/E = 0,55$ и от 37 лет при $K_\sigma = 0,90$

до 60 лет при $K_\sigma = 0,50$ для кривой $Q/E = 0,85$. Остальные кривые показывают значения срока службы (τ) в диапазоне между граничными кривыми $Q/E = 0,55$ до 0,85.

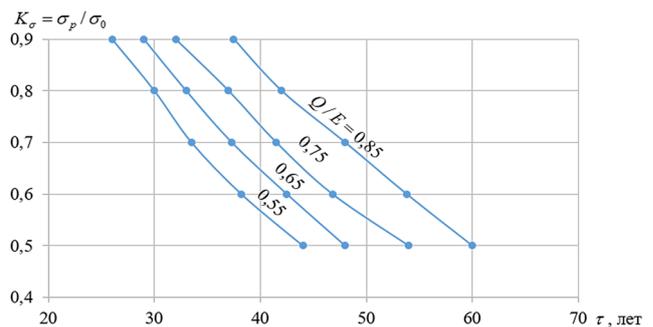


Рис. 2. График изменения коэффициента старения K_σ от долговечности (срока службы) τ дренажного геокompозитного материала

Практическая значимость исследования заключается в разработке дренажного мата, который может использоваться в гидротехническом и гражданском строительстве в качестве дренажа грунтовых плотин и подпорных стен (рис. 3).

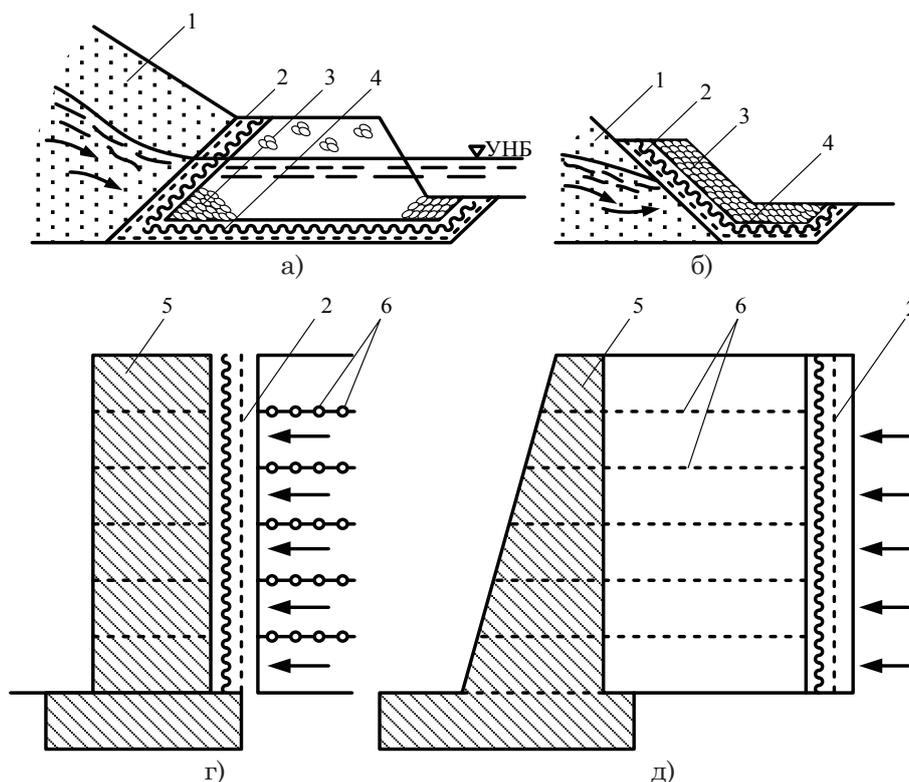


Рис. 3. Схемы дренажей грунтовых плотин и подпорных стен с дренажным геокompозитным материалом:

а – дренажный банкет; б – наклонный дренаж; в, г – подпорные стены;
 1 – откос грунтовой плотины; 2, 4 – дренажный мат из геокompозита;
 3 – каменная наброска; 5 – подпорная стена из бетона; 6 – армирующие элементы

Выводы

1. Разработан дренажный геокompозитный материал, включающий в свою структуру несколько геосинтетических элементов (георешетку, играющую роль несущего элемента, и геотекстиль нетканый в качестве фильтрующего элемента), которые между собой скреплены термическим способом.

2. Изучены основные физико-механические свойства дренажного геокompозитного материала, на основании которых установлена его высокая прочность при растяжении и достаточно значительный коэффициент фильтрации, способствующий высокой его водопроницаемостью.

3. Для внедрения дренажного геокompозитного мата разработаны конструктивные схемы устройства дренажей в грунтовых плотинах.

Библиографический список

1. Глаговский В.Б., Сольский С.В., Лопатина Н.В. Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 9. – С. 23-27.

2. 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.

3. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Water permeability of the polymer screen with a system of slits of hydraulic structures // Magazine of civil engineering. 2018. – No. 7. – Pp. 64-73.

4. Козлов К.Д., Гурьев А.П., Ханов Н.В. Гидравлические исследования покрытия из геокompозитного материала // Природообустройство. – 2014. – № 5. – С. 80-86.

5. Гурьев А.П., Козлов Д.В., Ханов Н.В., Козлов К.Д. Гидравлические исследования условий работы покрытия из геокompозитного материала – геомата марки «Энкамат А20» / Сб. Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 150-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – С. 305-307.

6. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Highly reliable designs of impervious coatings for channels and reservoirs, the criteria for their

efficiency and reliability // Journal of Hydraulic Engineering. 2014. – Vol. 8. – Pp. 18-25.

7. **Koerner R.M., Hsuan Y.G., Koerner G.R.** Lifetime predictions of eposed geotextiles and geomem-branes // Geosynthetics International. – 2017. – № 24 (2). – Pp. 198-212.

8. **Touze-Foltz N.A., Bannour H., Baral C., Stoltx G.** review of the performance of geosynthetics for environmental protection // Geotextiles and Geomembrane. – 2016. – No. 6 – Pp. 455-479.

9. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Много-слойные конструкции противодиффузионных покрытий с бентонитовыми матами и оценка их сравнительной эффективности // Гидротехническое строительство. – 2019. – № 3. – С. 37-43.

10. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Противодиффузионные покрытия из геосинтетических материалов: монография. / Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.

11. **Косиченко Ю.М., Иовчу Ю.И., Косиченко М.Ю.** Вероятностная модель

эксплуатационной надежности крупных каналов // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 12. – С. 39-45.

12. **Хевиленд Р.** Инженерная надежность и расчет на долговечность. – М.: Из-во «Мир». 1966. – 232 с.

Материал поступил в редакцию 16.01.2020 г.

Сведения об авторах

Косиченко Юрий Михайлович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «РосНИИПМ», Заслуженный деятель науки и техники РФ; 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190; e-mail: rosniipm@yandex.ru

Баев Олег Андреевич, кандидат технических наук, начальник отдела гидротехнических сооружений и гидравлики ФГБНУ «РосНИИПМ»; 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190; e-mail: rosniipm@yandex.ru

YU.M. KOSICHENKO, O.A. BAEV

Federal state budgetary scientific institution «Russian research institute of land reclamation problems», Novocherkassk, Russian Federation

RELIABILITY OF USAGE OF DRAINAGE GEO COMPOSITE MATS IN HYDRO IRRIGATION AND DRAINAGE CONSTRUCTION

The article discusses the assessment of the reliability of the geo composite drainage material used in irrigation and drainage construction taking into account the series connection of its separate geo synthetic elements. A distinctive feature of such material is its fulfilment of the combination of a geogrid and draining element (non-woven geo textile). The geo composite drainage material can also be used for soil hydraulic structures (dams, dikes, canals, reservoirs, ponds, etc.) as well as for construction of waste collectors of various purposes. As a result of the fulfilled tests, there were determined its main physical and mechanical characteristics, according to the performed calculations there was received a graph of the aging coefficient change of the material depending on its durability. The analysis of the obtained data on the graph allows determining the predicted service life depending on the aging coefficient of the material which changes from 25 years at $K_{\sigma} = 0.90$ up to 43 years at $K_{\sigma} = 0.50$ for the curve $Q / E = 0.55$ and from 37 years at $K_{\sigma} = 0.90$ to 60 years at $K_{\sigma} = 0.50$ for the curve $Q / E = 0.85$. There are given structural solutions for drainage devices in dams, cannels and retaining walls.

Geo composite draining material, geogrid, geotextile, filtering element, drainage mat.

References

1. **Glagovsky V.B., Solsky S.V., Lopatina N.V.** Geosinteticheskie materialy v gidrotehnicheskome stroitelstve // Hidrotehnicheskoe stroitelstvo. 2014. – № 9. – S. 23-27.

2. **Solsky S.V., Orlova N.L.** Perspektivy i problemy primeneniya v gruntovyh gidrotehnicheskikh sooruzheniyah sovremennyh

geosinteticheskikh // Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneeva. – 2010. – T. 260. – T. 61-68.

3. **Kosichenko Yu.M., Baev O.A.** Water permeability of the polymer screen with a system of slits of hydraulic structures // Magazine of civil engineering. 2018. – No. 7. – Pp. 64-73.

4. **Kozlov K.D., Gurjev A.P., Khanov N.V.** Gidravlicheskie issledovaniya iz geokompozitnogo

material // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 5. – S. 80-86.

5. **Gurjev A.P., Kozlov D.V., Khanov N.V., Kozlov K.D.** Gidravlicheskie issledovaniya uslovij raboty pokrytiya iz geokompozitnogo materiala – geomata marki «Enkamat A20». / Sb.: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodyh uchenyh i spetsialistov, posvyashchennaya 150-letiyu RGAU-MSHA imeni K.A. Timiryazeva. – M.: RSAU-MAA, 2015. – S. 305-307.

6. **Kosichenko Y.M., Baev O.A.** Highly reliable designs of impervious coatings for channels and reservoirs, the criteria for their efficiency and reliability // Journal of Hydraulic Engineering. 2014. – Vol. 8. – Pp. 18-25.

7. **Koerner R.M., Hsuan Y.G., Koerner G.R.** Lifetime predictions of eposed geotextiles and geomembranes // Geosynthetics International. 2017. – № 24 (2). – Pp. 198-212.

8. **Touze-Foltz N.A., Bannour H., Baral C., Stoltz G.** review of the performance of geosynthetics for environmental protection // Geotextiles and Geomembrane. 2016. – No. 6 – Pp. 455-479.

9. **Kosichenko Y.M., Baev O.A.** Mnogoslojnye konstruktsii protivofiltratsionnyh pokrytij s bentonitovymi mataimi i otsenka ih sravnitelnoj effektivnosti // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 2019. – № 3. – S. 37-43.

10. **Kosichenko Y.M., Baev O.A.** Protivofiltratsionnye pokrytija iz geosinteticheskikh materialov // Novoчеркасск: monografiya. RosNIIPM. 2014. – 239 s.

11. **Kosichenko Y.M., Iovchu Yu.I., Kosichenko M.Y.** Veroyatnostnaya model ekspluatatsionnoj nadezhnosti krupnyh kanalov // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 2007. – № 12. – S. 39-45.

12. **Hevilend R.** Inzhenernaya nadezhnost i raschet na dolgovechnost. – M.: Iz-vo «Mir». 1966. – 232 s.

The material was received at the editorial office
16.01.2020

Information about the author

Kosichenko Yuriy Mikhailovich, honored worker of science and technics of RF, professor, chief researcher FSBNU «RosNIIPM»; 346421, Rostovskaya area, Novoчеркасск, Baklanovsky prospect, 190; e-mail: rosniipm@yandex.ru

Baev Oleg Andreevich, candidate of technical sciences, head of the department of hydraulic structures and hydraulics FSBNU «RosNIIPM»; 346421, Rostovskaya area, Novoчеркасск, Baklanovsky prospect, 190; e-mail: rosniipm@yandex.ru

УДК 502/504:631.6:630*4

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-20-27

Н.М. МАКАРОВА, Г.Т. БАЛАКАЙ, А.В. МАКАРОВ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск, Российская Федерация

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА РОССИИ

*Полезашитные лесные насаждения предназначены для защиты сельскохозяйственных полей от различных неблагоприятных явлений. Своевременная оценка их состояния имеет важное значение для назначения необходимых лесохозяйственных мероприятий. С целью оценки состояния лесных полос, созданных на сельскохозяйственных землях юга России нами были проведены исследования на территории ООО «Аксайская Нива» в Аксайском районе Ростовской области. Изучены десять возрастных лесных полос от *Robinia pseudoacacia* L. и *Ulmus pumila* L., характерных для аридных степных условий. *Elytrigia repens* преобладает в живом напочвенном покрове лесных полос, составляя 84,6%. Масса лесной подстилки самая большая в лесной полосе из *Ulmus* – 0,36 кг/м². Толщина лесной подстилки увеличивалась с возрастом лесополос и в возрасте 65 лет достигала 4,3 см в древостоях вяза. Установлено наличие вредных организмов, пожаров и механических повреждений в лесных полосах. Наилучшие таксационные характеристики и состояние имеют молодые насаждения в возрасте до 25-30 лет, где санитарной рубке подлежат 27,3 и 24,0 процентов от запаса соответственно. Наихудшие показатели наблюдаются в более*