

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 626.823.916

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-366-379

**Результаты экспериментальных исследований шероховатости
геоматов, заполненных щебнем с вяжущим заполнителем и
грунтом с пророщенным райграсом**

**Татьяна Юрьевна Жукова¹, Андрей Викторович Еремеев²,
Нартмир Владимирович Ханов³, Даниил Андреевич Алексеев⁴,
Анастасия Александровна Кадысева⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

¹t.zhukova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9654-3039>

²a.eremeev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5826-0935>

³khanov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5764-4734>

⁴daniil.alekseev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1890-3471>

⁵kadyseva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8703-5684>

Аннотация. Цель: Проведение гидравлических исследований геоматов двух противозрозионных покрытий, используемых для облицовки русел водотоков. **Материалы и методы.** Гидротехнические сооружения подвержены воздействию водной эрозии, поэтому создание защитных покрытий для их откосов в настоящее время является актуальным. Для предотвращения негативных воздействий водной эрозии на грунтовые откосы выполняется ряд мероприятий, в т. ч. укрепление верхнего слоя откоса противозрозионными одеждами. В настоящее время существует большое количество противозрозионных материалов, однако с развитием технологий появились современные геосинтетические материалы, которые считаются надежными и долговечными. Распространенными геосинтетическими материалами являются геоматы, которые нашли свое применение в строительстве. Описана и рассмотрена модельная установка для нахождения гидравлических характеристик исследуемых покрытий. **Результаты.** Исследования проводились в лаборатории кафедры гидротехнических сооружений Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева на гидравлической установке для испытания покрытий. Проанализированы расчетные формулы, на основе которых опытным путем были получены значения коэффициентов шероховатости. В результате исследований найдены средние значения коэффициентов шероховатости для двух покрытий. **Выводы.** Проведенные исследования, посвященные оценке коэффициента шероховатости для исследуемых противозрозионных защитных покрытий, показали возможности применения креплений на практике. Выполнено сравнение результатов коэффициентов шероховатости, полученных в результате проведенных исследований, отмечены тенденции к завышению и занижению значений. В будущем представляется целесообразным провести дополнительные исследования с рассмотренными выше противозрозионными покрытиями для определения допустимых неразмывающих скоростей.

Ключевые слова: откос, эрозия, защита, геомат, битум, растительность, щебень, коэффициент шероховатости

Для цитирования: Результаты экспериментальных исследований шероховатости геоматов, заполненных щебнем с вяжущим заполнителем и грунтом с пророщенным райграсом / Т. Ю. Жукова, А. В. Еремеев, Н. В. Ханов, Д. А. Алексеев, А. А. Кадысева // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 2. С. 366–379. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-2-366-379>.

HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

Results of experimental studies of the roughness of geomats filled with crushed stone with a binder filler and soil with sprouted ryegrass

Tatyana Yu. Zhukova¹, Andrey V. Eremeev², Nartmir V. Khanov³,
Daniil A. Alekseev⁴, Anastasia A. Kadyseva⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

¹t.zhukova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9654-3039>

²a.eremeev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5826-0935>

³khanov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5764-4734>

⁴daniil.alekseev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1890-3471>

⁵kadyseva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8703-5684>

Abstract. Purpose: to conduct hydraulic studies of geomats of two anti-erosion coatings used for watercourse lining. **Materials and methods.** Hydraulic structures are exposed to water erosion, so the creation of protective coatings for their slopes is currently relevant. To prevent the negative effects of water erosion on earth slopes, a number of measures including strengthening the upper layer of the slope with anti-erosion clothing are carried out. Currently, there are a large number of anti-erosion materials, but with the development of technology, modern geosynthetic materials, which are considered reliable and durable materials, have appeared. Common geosynthetic materials are geomats, which have found their application in construction. A model facility for finding the hydraulic characteristics of the studied coatings is described and considered. **Results.** The research was conducted in the laboratory of the Department of Hydraulic Engineering Structures of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy on a hydraulic installation for testing coatings. The calculation formulas, on basis of which the roughness coefficients values were experimentally obtained, were analyzed. As a result of the research, the average values of roughness coefficients for two coatings were found. **Conclusions.** The conducted studies, devoted to the assessment of the roughness coefficient for the studied anti-erosion protective coatings, have shown the possibilities of using fasteners in practice. A comparison of the results of the roughness coefficients obtained as a result of the conducted studies has been performed, and the tendencies to overstate and understate the values have been noted. In the future, it seems advisable to conduct additional studies with the anti-erosion coatings considered above to determine the permissible non-erosive velocity.

Keywords: slope, erosion, protection, geomat, bitumen, vegetation, crushed stone, roughness coefficient

For citation: Zhukova T. Yu., Eremeev A. V., Khanov N. V., Alekseev D. A., Kadyseva A. A. Results of experimental studies of the roughness of geomats filled with crushed stone with a binder filler and soil with sprouted ryegrass // *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(2):366–379. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-2-366-379>.

Введение. Берегоукрепление включает в себя комплекс работ по укреплению и защите прибрежной линии природных и искусственных водоемов (рисунок 1). В настоящее время существует большое количество противоэрозионных материалов, однако с развитием технологий появились современные геосинтетические материалы, которые считаются надежными и долговечными [1, 2]. Распространенными геосинтетическими материалами являются геоматы, которые нашли свое применение в строительстве. Этот противоэрозионный материал имеет достаточно обширную область применения в гидротехническом строительстве. Геосинтетические строительные материалы обеспечивают жизнеспособную и долгосрочную экономическую альтернативу другим видам обычных строительных материалов.



**Рисунок 1 – Разрушительное воздействие
потока воды на береговые склоны [4]**

Figure 1 – The destructive impact of water flow on bank slopes [4]

Данный материал применяется для стабилизации эрозионных процессов грунтов и почв, с их помощью становится возможным строительство на слабых и техногенных грунтах. Повышая надежность, долговечность и экологическую безопасность возводимых объектов, сегодня эти материалы активно применяют при строительстве транспортных, гидротехнических, мелиоративных, природоохранных сооружений [3].

Геоматы обычно используются для защиты грунта от эрозии, закреплении на склоне корней трав, деревьев или небольших растений, а также в строительстве и гидротехнике [5]. Структура и основные характеристики геоматов позволяют для предотвращения эрозий произвести армирование грунта на берегах рек, озер, прудов, а также и в других местах. Геомат – это водопроницаемый объемный противозэрозионный материал, который изготовлен из полиамидных нитей, термически скрепленных между собой в местах пересечений (рисунок 2).



a, b – для укрепления дорожных кюветов, сбросных каналов; *c, d* – с биологическим типом укрепления, защита подтопляемых откосов земляного полотна [6, 7]
a, b – for strengthening road ditches, discharge channels; *c, d* – with a biological type of strengthening, protection of flooded slopes of the roadbed [6, 7]

Рисунок 2 – Укрепление откосов с применением геомата
Figure 2 – Strengthening slopes using geomat

Данный противоэрозионный материал применяется для укрепления откосов, которые взаимодействуют с водным потоком. Для проведения гидравлических расчетов экспериментальным путем определяется коэффициент шероховатости двух исследуемых покрытий. Целью данной работы стало проведение гидравлических исследований свойств геоматов двух противоэрозионных покрытий, используемых для облицовки русел водотоков: геомат Энкамат А20, заполненный битум-полимером, и геомат Энкамат 7225 с посевом многолетних трав рода райграс (рисунок 3).



a – Энкамат А20 с заполненным битум-полимерным вяжущим и щебнем;
b – Энкамат 7225 с растительностью

a – Enkamat A20 filled with bitumen-polymer binder and crushed stone;
b – Enkamat 7225 with vegetation

**Рисунок 3 – Варианты защитных покрытий
(авторы фото А. В. Еремеев, Т. Ю. Жукова)**

**Figure 3 – Protective coating options
(photo by A. V. Eremeev, T. Yu. Zhukova)**

Материалы и методы. Оба покрытия исследовались на одной экспериментальной площадке. В экспериментальной установке была возможность изменения расхода поступающей воды и уклона дна русла. Экспериментальный гидравлический лоток имел трапецеидальную форму сечения с вертикальным откосом с одной стороны и с откосом с заложением 1:1 с другой [8, 9]. Вертикальный откос был облицован пластиковыми панеля-

ми, коэффициент шероховатости которых был принят равным $n_{\text{пл}} = 0,009$. В гидравлической установке была возможность изменения уклона дна i от 0,010 до 0,03 (рисунок 4).



a – вид рабочего участка; *b* – вид на установку
a – view of the working area; *b* – view of the facility

Рисунок 4 – Экспериментальная установка (автор фото Т. Ю. Жукова)
Figure 4 – Experimental facility (photo by T. Yu. Zhukova)

Во время проведения исследований длины рабочих участков составляли от 4,9 до 8,0 м. Величины расходов поступающей воды составляли от 43 до 166 л/с. На рисунке 5 представлены фотографии экспериментальной установки, а также фотографии с уложенными покрытиями.

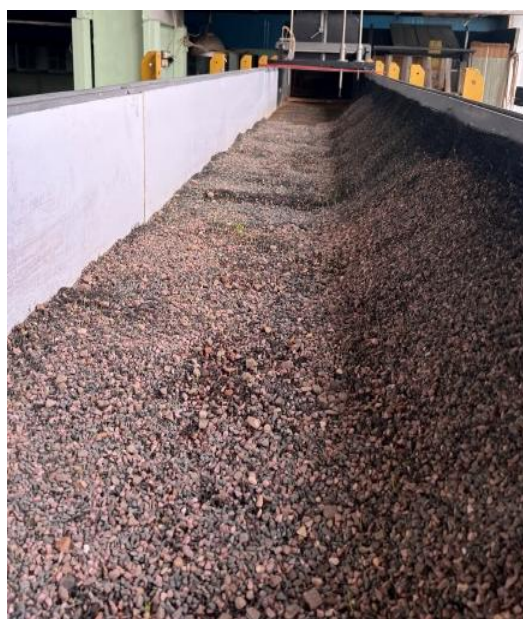
Гранулометрический состав щебня подбирался таким образом, чтобы пустоты в структуре геомата были полностью заполнены. В лаборатории водопропускных сооружений кафедры гидротехнических сооружений были изучены варианты использования геомата с растительностью, а именно: подбор и выбор смеси многолетних трав, формирование травостоя для дальнейшей оценки применения такого миксированного противозрозионного покрытия. Также для исследования были подобраны уклоны и расходы, исходя из условий высоты растительности 50, 100, 150 мм.



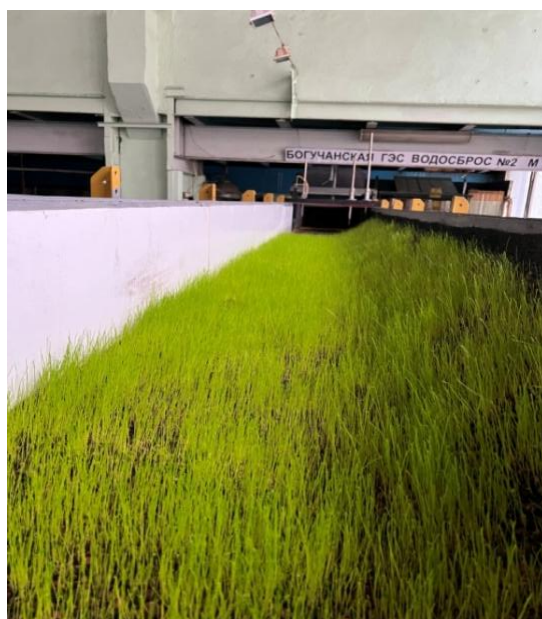
a



b



c



d

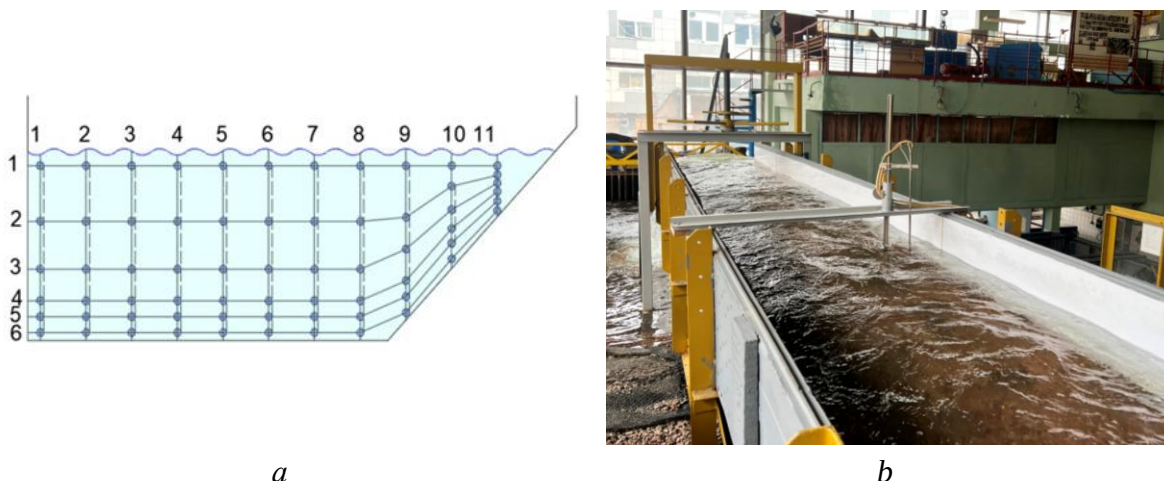
a – геомат без заполнителя; *b* – геомат, заполненный щебнем и битум-полимерным вяжущим; *c* – геомат, заполненный щебнем фракцией от 6 до 10 мм; *d* – геомат Энкамат 7225 с растительным слоем

a – geomat without filler; *b* – geomat filled with crushed stone and bitumen-polymer binder; *c* – geomat filled with crushed stone from 6 to 10 mm fraction; *d* – geomat Enkamat 7225 with a vegetation layer

Рисунок 5 – Экспериментальная установка с уложенными исследуемыми покрытиями (авторы фото А. В. Еремеев, Т. Ю. Жукова)

Figure 5 – Experimental facility with laid test surfaces (photo by A. V. Eremeev, T. Yu. Zhukova)

Результаты исследований. Исследование заключалось в изучении параметров потока и геометрических размеров установки. Измерения параметров потока производились в пяти мерных створах, располагавшихся по длине контрольного участка на расстоянии $x = 210, 307, 407, 507$ и 636 см. В каждом из них замеры скоростей выполнялись на 11 вертикалях, равноудаленных друг от друга и от правой стенки лотка [9, 10]. Измерения скоростей потока выполнялись по всему сечению створа при помощи трубки Пито с диаметром отверстия 3 мм. На рисунке 6 представлена схема определения скоростей потока с помощью трубки Пито.



a – схема определения скоростей потока; *b* – план поперечного сечения модели канала
a – flow rate determination scheme; *b* – cross-sectional plan of the channel model

Рисунок 6 – Схема измерения на модели скоростей потока по мерным вертикалям (авторы фото А. В. Еремеев, Т. Ю. Жукова)

Figure 6 – Measurement scheme on the flow rate model along measured vertical lines (photo by A. V. Eremeev, T. Yu. Zhukova)

После определения скоростей потока находился коэффициент шероховатости n и другие гидравлические характеристики потока. Определение коэффициента шероховатости выполнялось по зависимостям, представленным в таблице 1.

Результаты расчета для геомата, заполненного щебнем и битум-полимерным вяжущим, и для геомата, заполненного грунтом с посевом многолетних трав, представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Зависимости для определения коэффициента шероховатости n

Table 1 – Dependencies for determining the roughness coefficient n

Зависимость	Формула
Маннинга	$n_{\text{ман}} = \frac{R^{2/3} \sqrt{J}}{V}$
Гангиле – Куттера	$n_{\text{Г-К}} = \frac{23 \cdot R \cdot \sqrt{J} - V \cdot \sqrt{R}}{46 \cdot V} + \sqrt{\left(\frac{23 \cdot R \cdot \sqrt{J} - V \cdot \sqrt{R}}{46 \cdot V} \right)^2 + \frac{R \cdot \sqrt{J}}{23 \cdot V}}$
Н. Н. Павловского	$n_{\text{пав}} = \frac{R^{0,37} + 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n} - 0,1) \cdot \sqrt{J}}{V}$
Определение истинного n (при разных покрытиях в одном сечении)	$n_{\text{п}} = \frac{n_{\text{ср}} \cdot b + n_{\text{ср}} (1 + \sqrt{m^2 + 1}) \cdot h_{\text{ср}} - n_{\text{пл}} \cdot h_{\text{ср}}}{b + \sqrt{m^2 + 1} \cdot h_{\text{ср}}}$
Примечание – $n_{\text{ман}}$ – коэффициент шероховатости по Маннингу; R – гидравлический радиус, дм; J – гидравлический уклон; V – средняя скорость, м/с; $n_{\text{Г-К}}$ – коэффициент шероховатости по Гангиле – Куттеру; $n_{\text{пав}}$ – коэффициент шероховатости по Н. Н. Павловскому; n – коэффициент шероховатости; $n_{\text{ср}}$ – средний коэффициент шероховатости; b – ширина дна лотка, дм; m – заложение откоса, $m = 1$; $h_{\text{ср}}$ – средняя глубина потока, дм; $n_{\text{пл}}$ – коэффициент шероховатости для поверхностей, покрытых эмалью или глазурью.	

Таблица 2 – Коэффициенты шероховатости n для исследуемых геоматов с заполнителями

Table 2 – Roughness coefficients n for the studied geomats with fillers

Покрытие	Параметр	$n_{\text{ср}}$	n_{min}	n_{max}
Геомат, заполненный щебнем фракцией от 6 до 10 мм и битумным вяжущим с использованием полимеров	$n_{\text{ман}}$	0,0175	0,0139	0,0216
	$n_{\text{Г-К}}$	0,0162	0,0135	0,0193
	$n_{\text{пав}}$	0,0170	0,0142	0,0199
Энкамат 7225, заполненный грунтом с посевом многолетних трав рода райграс, ячейки которой были заполнены мелким щебнем от 6 до 10 мм	$n_{\text{ман}}$	0,0301	0,0289	0,0306
	$n_{\text{Г-К}}$	0,0282	0,0279	0,0288
	$n_{\text{пав}}$	0,0287	0,0290	0,0298
Примечание – $n_{\text{ср}}$ – среднее значение коэффициента шероховатости; n_{min} – минимальное значение коэффициента шероховатости; n_{max} – максимальное значение коэффициента шероховатости.				

В таблице 2 представлены реальные значения n защитных покрытий, пересчитанные из измеренных гидравлических характеристик. В таблице 2 представлены минимальные, максимальные и средние значения коэффици-

ентов. Для сравнения средних коэффициентов шероховатости между собой из таблицы 2 был построен график, показанный на рисунке 7.

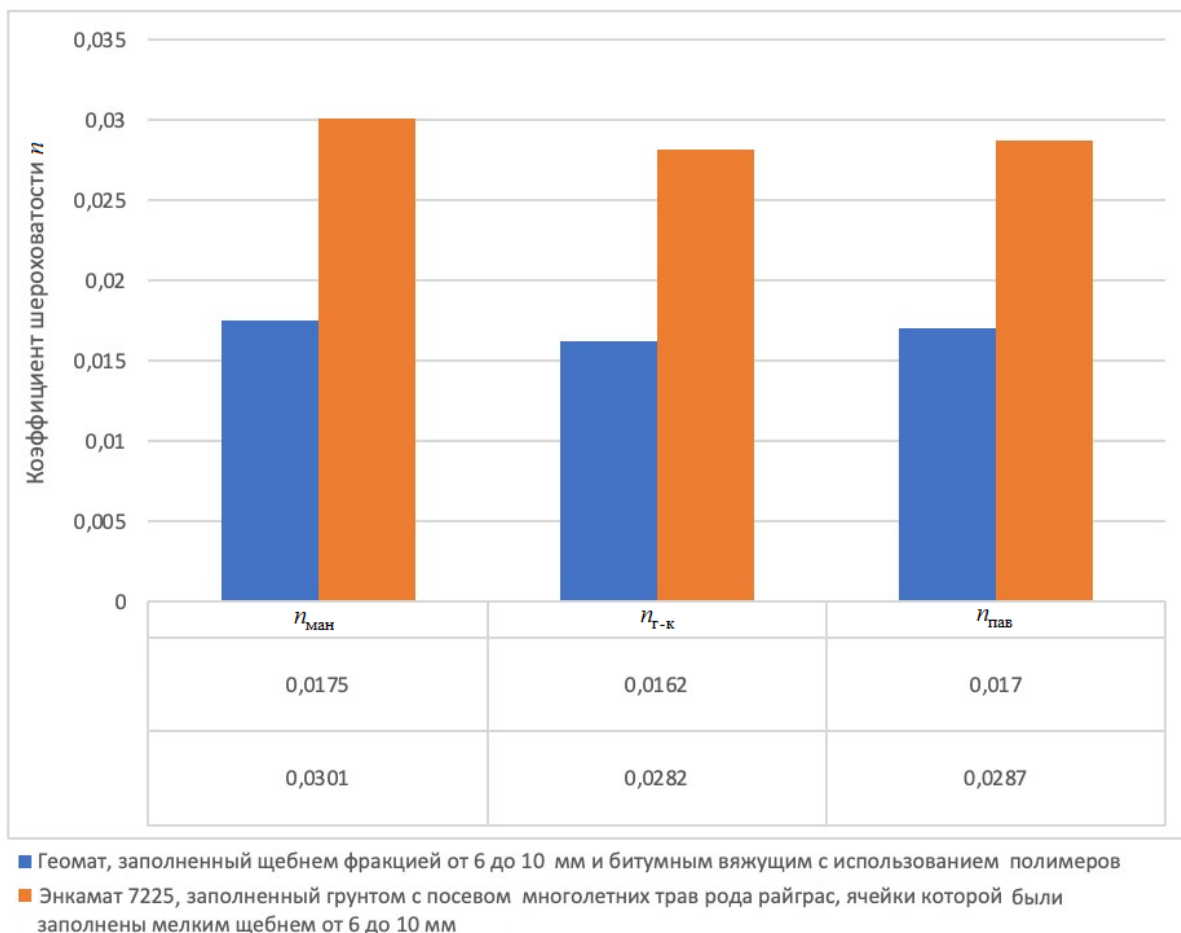


Рисунок 7 – График сравнения коэффициентов, полученных при разных исследованиях

Figure 7 – Graph comparing the coefficients obtained in different studies

На графике, показанном на рисунке 7, визуально можно увидеть, что тенденция завышения и занижения значений коэффициентов шероховатости остается для разных формул. В результате формула Н. Н. Павловского стабильно дает средние значения относительно других формул, применяемых в исследовании. Другие формулы стабильно завышают или занижают значения коэффициентов шероховатости относительно нее.

Выводы. В результате проведенных исследований обоих покрытий можно сделать вывод о том, что получились сопоставимые тенденции к завышению и занижению коэффициентов шероховатости при использовании

разных формул. Формула Гангиле – Куттера дает наименьшие показатели коэффициента шероховатости относительно других формул. Средние показатели получаются при использовании формулы Н. Н. Павловского, а завышение показателей происходит при использовании формулы Маннинга. На основе вышеприведенного рекомендуется для каналов, работающих в исследованном диапазоне основополагающих параметров (расходы, глубины, уклоны дна лотка и энергетические показатели), для данной конструктивной схемы противозрозионного покрытия при проектировании принимать значение соответственно для покрытия Энкамат А20 с битум-полимерным вяжущим $n = 0,0175$, а для покрытия с растительностью – $n = 0,0301$. В будущем представляется целесообразным провести дополнительные исследования с рассмотренными выше противозрозионными покрытиями для определения допустимых неразмывающих скоростей.

Список источников

1. Хомченко Ю. В. Устойчивость откосов и склонов, укрепленных геотекстильными материалами // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: строительство. Прикладные науки. 2014. № 16. С. 54–59. EDN: TQISZD.
2. Kurbanov S. O., Sozaev A. A., Balkizov A. B. Effective technical solutions for channel regulation small rivers and construction of reclamation water intakes // Science Education Practice proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto), Sept. 30, 2020. Infinity Publishing, 2020. P. 117–130.
3. Жукова Т. Ю. Использование геосинтетических материалов и геотекстиля при строительстве // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 52. С. 393–397. EDN: HIRKSY.
4. Bioengineering systems for protection and improvement of urbanized areas of coastal and recreational zones / S. Kurbanov, A. Sozaev, A. Shogenov, A. Karshiev // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. Vol. 262. Article number: 03021. DOI: 10.1051/e3sconf/202126203021. EDN: BOJGXV.
5. Черных О. Н., Бурлаченко А. В. Оценка основных параметров волнового воздействия на пологие откосы берегов крупных водных объектов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2023. Т. 19, № 1. С. 110–116. DOI: 10.22363/1815-5235-2023-19-1-110-116. EDN: HKIUSI.
6. Хрупинин Р. В., Сметанин В. И. Опустынивание, деградации земель и наступление песков на земельные угодья // Мелиорация земель в решении геоэкологических проблем Евразии (Костяковские чтения): материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 14–15 дек. 2023 г. М.: ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2024. С. 512–519. DOI: 10.37738/VNIIGIM.2024.88.85.082. EDN: DWGSQK.
7. Черных О. Н., Бурлаченко А. В. Особенности использования методов ландшафтной гидротехники при восстановлении рек // Современное состояние и перспекти-

вы развития современной науки и образования: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 9 янв. 2023 г. Петрозаводск: Междунар. центр науч. партнерства «Новая наука», 2023. С. 327–332. EDN: LIJFUG.

8. Черных О. Н., Бурлаченко А. В. Особенности изменения профиля склона пойменных дамб и берегов водных объектов при волновом воздействии // Природообустройство. 2023. № 2. С. 81–85. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-81-85.

9. Гидравлические исследования противоэрозионного покрытия – геомата марки Энкамат А 20 / А. П. Гурьев, Д. В. Козлов, Н. В. Ханов, В. А. Фартуков, А. И. Новиченко, С. Н. Щукин // Доклады ТСХА: сб. ст. по материалам Междунар. науч. конф. «Научное кадровое обеспечение продовольственной безопасности России», г. Москва, 2–4 дек. 2014 г. М.: Грин Эра 2, Сам полиграфист, 2015. Вып. 287, т. II, ч. I. С. 358–363. EDN: YJQSSM.

10. Курбанов С. О., Созаев А. А. Обоснование концепции создания биоинженерных систем защиты и восстановления земель прибрежных и рекреационных зон // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 8. С. 34–39. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-8-34-39. EDN: SYQDLV.

References

1. Khomchenko Yu.V., 2014. *Ustoychivost' otkosov i sklonov, ukreplennykh geotekstil'nyimi materialami* [Stability of slopes and slopes reinforced with geotextile materials]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: stroitel'stvo. Prikladnye nauki* [Bulleted of Polotsk State University. Series F: Civil Engineering. Applied Sciences], no. 16, pp. 54-59, EDN: TQISZD. (In Russian).

2. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Balkizov A.V., 2020. Effective technical solutions for channel regulation small rivers and construction of reclamation water intakes. *Science Education Practice Proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto)*, Sept. 30, Infinity Publ., pp. 117-130.

3. Zhukova T.Yu., 2022. *Ispol'zovanie geosinteticheskikh materialov i geotekstilya pri stroitel'stve* [Use of geosynthetic materials and geotextiles in construction]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* [Innovations. Science. Education], no. 52, pp. 393-397, EDN: HIRKSY. (In Russian).

4. Kurbanov S., Sozaev A., Shogenov A., Karshiev A., 2021. Bioengineering systems for protection and improvement of urbanized areas of coastal and recreational zones. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference*, vol. 262, article number: 03021, DOI: 10.1051/e3sconf/202126203021, EDN: BOJGXV.

5. Chernykh O.N., Burlachenko A.V., 2023. *Otsenka osnovnykh parametrov volnovogo vozdeystviya na plogie otkosy beregov krupnykh vodnykh ob'ektov* [Estimation of the main parameters of wave action on the gentle slopes of the banks of large water bodies]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktсий i sooruzheniy* [Structural Mechanics of Engineering Structures and Constructions], vol. 19, no. 1, pp. 110-116, DOI: 10.22363/1815-5235-2023-19-1-110-116, EDN: HKIUSI. (In Russian).

6. Khrupinin R.V., Smetanin V.I., 2024. *Opustynivanie, degradatsii zemel' i nastuplenie peskov na zemel'nye ugod'ya* [Desertification, land degradation and sand encroachment on land]. *Melioratsiya zemel' v reshenii geoekologicheskikh problem Yevrazii (Kostyakovskie chteniya): materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Land Reclamation in Solving Geoecological Problems of Eurasia (Kostyakov Readings): Proceed. of International Scientific-Practical Conference]. Moscow, Federal Scientific Center VNIIGiM named after A. N. Kostyakov, pp. 512-519, DOI: 10.37738/VNIIGIM.2024.88.85.082, EDN: DWGSQK. (In Russian).

7. Chernykh O.N., Burlachenko A.V., 2023. *Osobennosti ispol'zovaniya metodov*

landshaftnoy gidrotekhniki pri vosstanovlenii rek [Features of the use of landscape hydraulic engineering methods in river restoration]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya sovremennoy nauki i obrazovaniya: sb. st. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Current State and Prospects for the Development of Modern Science and Education: Coll. art. of V International Scientific-Practical Conf]. Petrozavodsk, International center for scientific partnership “New Science”, pp. 327-332, EDN: LIJFUG. (In Russian).

8. Chernykh O.N., Burlachenko A.V., 2023. *Osobennosti izmeneniya profilya sklona poymennykh damb i beregov vodnykh ob'ektov pri volnovom vozdeystvii* [Peculiarities of changing the profile of the slope of flood-plain dams and banks of water bodies under wave impact]. *Prirodooobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 81-85, DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-81-85. (In Russian).

9. Guryev A.P., Kozlov D.V., Khanov N.V., Fartukov V.A., Novychenko A.I., Shchukin S.N., 2015. *Gidravlicheskie issledovaniya protivooerozionnogo pokrytiya – geomata marki Enkamat A 20* [Hydraulic studies of the anti-erosion coating – geomat brand Enkamat A 20]. *Doklady TSKHA: sb. st. po materialam Mezhdunar. nauch. konf. «Nauchnoe kadrovое obespechenie prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii»* [Reports of the Timiryazev Agricultural Academy: collect. of Articles Based on the Materials of the International Scientific Conference “Scientific Personnel Support for Food Security in Russia”]. Moscow, Green Era 2, Sam Polygraphist, iss. 287, vol. II, part I, pp. 358-363, EDN: YJQSSM. (In Russian).

10. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., 2020. *Obosnovanie kontseptsii sozdaniya bioinzhenernykh sistem zashchity i vosstanovleniya zemel' pribrezhnykh i rekreatsionnykh zon* [Substantiation of the concept of creation of bio-engineered protection systems and restoration of land of coastal and recreation zones]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], vol. 24, no. 8, pp. 34-39, DOI: 10.18412/1816-0395-2020-8-34-39, EDN: SYQDLV. (In Russian).

Информация об авторах

Т. Ю. Жукова – ассистент кафедры гидротехнических сооружений, Российский аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, t.zhukova@rgau-msha.ru, ztu-12@mail.ru, SPIN-код: 5357-4597, AuthorID: 1111184, ORCID: 0000-0002-9654-3039;

А. В. Еремеев – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры гидротехнических сооружений, Российский аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, a.eremeev@rgau-msha.ru, EAndrey4@ya.ru, SPIN-код: 6290-9480, AuthorID: 999552, ORCID: 0000-0002-5826-0935;

Н. В. Ханов – доктор технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений, Российский аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, khanov@rgau-msha.ru, nvkhanov@yahoo.com, SPIN-код: 4314-8184, AuthorID: 464889, ORCID: 0000-0002-5764-4734;

Д. А. Алексеев – ассистент кафедры гидротехнических сооружений, Российский аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, daniil.alekseev@rgau-msha.ru, SPIN-код: 8085-3065, ORCID: 0009-0009-1890-3471;

А. А. Кадысева – доктор биологических наук, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций, Российский аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, kadyseva@mail.ru, SPIN-код: 4485-7332, AuthorID: 698088, ORCID: 0000-0001-8703-5684.

Information about the authors

T. Yu. Zhukova – Assistant the Chair of Hydraulic Engineering Constructions, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federa-

tion, t.zhukova@rgau-msha.ru, ztu-12@mail.ru, SPIN-код: 5357-4597, AuthorID: 1111184, ORCID: 0000-0002-9654-3039;

A. V. Ereemeev – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer the Chair of Hydraulic Engineering Constructions, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, a.eremeev@rgau-msha.ru, EAndrey4@ya.ru, SPIN-код: 6290-9480, AuthorID: 999552, ORCID: 0000-0002-5826-0935;

N. V. Khanov – Doctor of Technical Sciences, Professor the Chair of Hydraulic Engineering Constructions, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, khanov@rgau-msha.ru, nvkhanov@yahoo.com, SPIN-код: 4314-8184, AuthorID: 464889, ORCID: 0000-0002-5764-4734;

D. A. Alekseev – Assistant the Chair of Hydraulic Engineering Constructions, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, daniil.alekseev@rgau-msha.ru, SPIN-код: 8085-3065, ORCID: 0009-0009-1890-3471;

A. A. Kadyseva – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor the Chair of Agricultural Water Supply, Water Disposal, Pumps and Pumping Stations, Russian Agrarian University – Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, kadyseva@mail.ru, SPIN-code: 4485-7332, AuthorID: 698088, ORCID: 0000-0001-8703-5684.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.01.2025; одобрена после рецензирования 22.04.2025; принята к публикации 08.06.2025.

The article was submitted 29.01.2025; approved after reviewing 22.04.2025; accepted for publication 08.06.2025.