

## ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 556.164:631.459.2

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-34-44

### Повышение эффективности задержания поверхностного стока

Александра Васильевна Слабунова<sup>1</sup>, Анастасия Петровна  
Суровикина<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,  
Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>1</sup>SlabunovaAV@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6769-3866>

<sup>2</sup>nastenka35sur1997@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2966-6485>

**Аннотация.** Цель: усовершенствование способа защиты склонов от водной эрозии для повышения эффективности функционирования противоэрозионного сооружения с учетом современных требований к обеспечению соблюдения норм экологического законодательства в области предотвращения загрязнения водных объектов. **Материалы и методы.** Основу для усовершенствования способа защиты склонов от водной эрозии с помощью гидротехнических сооружений составили известные и авторские разработки отдельных элементов и конструкций противоэрозионных сооружений. При обобщении и сравнении технических характеристик и принципов работы сооружения использовались методы сравнения, анализа и синтеза. **Результаты.** Анализ различных материалов (научных трудов, публикаций, патентов, касающихся разработки способов защиты склонов от водной эрозии с помощью гидротехнических сооружений) показал их однотипность в плане конструктивного исполнения и необходимость доработки и усовершенствования с целью повышения эффективности функционирования и недопущения попадания биогенных веществ в водный объект. Выявлены недостатки: низкая эффективность на сложных склонах с различной крутизной и экспозицией рельефа вследствие «несовершенства» конструкции траншеи, временность действия устраиваемых засыпок в траншеях из-за разрушения, невысокая эффективность вследствие низкой водоудерживающей способности и быстрой отдачи воды, отсутствие предварительной очистки поверхностных вод перед сбросом их в водный объект. Направление усовершенствования способа борьбы с эрозией – разработка фильтрующей загрузки для пластмассовых шаров. **Выводы.** Усовершенствованный способ защиты склонов от водной эрозии включает создание траншеи, заполненной неорганическим наполнителем, с водоудерживающим земляным валом и водоудерживающим экраном. Наполнитель имеет вид шара с восемью сквозными отверстиями диаметром < 5 мм, расположенными попарно и соосно (шары заполнены фильтрующей загрузкой из агроперлита на 2/3 объема).

**Ключевые слова:** поверхностный сток, противоэрозионное сооружение, водная эрозия, фильтрующая загрузка, способ защиты склонов от водной эрозии

## ECOLOGY

Original article

### Improving surface runoff retention efficiency

Alexandra V. Slabunova<sup>1</sup>, Anastasiya P. Surovikina<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>SlabunovaAV@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6769-3866>

<sup>2</sup>nastenka35sur1997@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2966-6485>

**Abstract. Purpose:** improving the method for protecting slopes from water erosion to increase the efficiency of the anti-erosion structure, taking into account modern requirements for ensuring ecological regulatory compliance in the field of preventing pollution of water bodies. **Materials and Methods.** The basis for improving the method of protecting slopes from water erosion with the help of hydraulic structures was the well-known and author's developments of individual elements and structures of anti-erosion facilities. When generalizing and comparing technical characteristics and principles of the structure operation, the methods of comparison, analysis and synthesis were used. **Results.** Analysis of various materials (scientific papers, publications, patents relating to the development of methods for protecting slopes from water erosion using hydraulic structures) showed their uniformity in terms of design and the need for revision and improvement in order to increase the operation efficiency and preventing the ingress of nutrients into the water body. Some disadvantages were identified: low efficiency on difficult slopes with different steepness and relief exposure due to the “imperfection” of the trench design, the temporality of the trench backfill action due to destruction, low efficiency due to the low water-holding capacity and rapid water delivery, lack of preliminary treatment of surface waters before their discharge into a water body. The direction of improving the method of erosion control is the development of a filter tile for plastic balls. **Conclusions.** An improved method for protecting slopes from water erosion involves creating a trench filled with inorganic filler, with a water-retaining earthwork and a water-retaining screen. The filler has the form of a ball with eight through holes diameter of <5 mm, located in pairs and coaxially (the balls are filled with a filter tile of agropperlite by 2/3 of the volume).

**Keywords:** surface runoff, erosion control structure, water erosion, filter tile, method of protecting slopes from water erosion

**Введение.** Поверхностный сток, образующийся во время проливных дождей и в период снеготаяния на сельскохозяйственных полях, создает серьезную экологическую проблему, являясь источником загрязнения водных объектов из-за бесконтрольного поступления почвенной массы (взвешенных веществ), а вместе с тем и загрязняющих веществ (биогенных веществ, пестицидов и др.) с водным потоком [1]. Общий среднегодовой вынос с пашни валовых форм азота, фосфора, калия поверхностным стоком в водные объекты оценивается в целом для России в 14350 тыс. т [2]. Степень влияния поверхностных сточных вод в зонах активного ведения сельского хозяйства на состояние водных объектов можно сопоставить с негативным воздействием производственных стоков [3, 4].

Увеличение концентрации биогенов приводит к деградации водного объекта (сопровождаемой ухудшением качества воды, снижением самоочищающей способности, комплектности водной экосистемы, нарушением экологического благополучия), проще говоря, к эвтрофированию водоемов, вызывая обильное цветение водорослей. Почвенная масса, попадающая в водоем, со временем приводит к его заилению. С другой стороны, поверхностный сток является причиной развития водной эрозии земель (выражающейся как в плоскостной, так и в линейной форме) и приводит при бездействии еще и к деградации земель с последующим их выбытием из сельскохозяйственного оборота.

Линейная эрозия развивается постепенно: сначала образуются размывы различных форм (рытвины, борозды, размоины), далее они (если вовремя не проведены агротехнические мероприятия) перерастают в водороины (промоины) и таким образом начинает образовываться овраг, который в итоге перерастет в балку (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Стадии образования балки  
(авторы фото А. В. Слабунова, А. П. Суровикина)**

Таким образом, способы борьбы с водной эрозией должны быть изначально направлены на снижение негативного воздействия поверхностного стока, причем как в аспекте недопущения загрязнения водных объектов,

так и в аспекте предотвращения размыва поверхности водосборов. Необходимо своевременно выявлять начальные процессы образования оврагов, особенно на склоновых землях, на которых в основном и расположены массивы сельхозугодий, и проводить соответствующие противоэрозионные мероприятия.

Задачей данного исследования является анализ и усовершенствование способа защиты склонов от водной эрозии с целью повышения эффективности функционирования противоэрозионного сооружения и недопущения попадания биогенных веществ в водный объект.

**Материалы и методы.** Основу для усовершенствования способа защиты склонов от водной эрозии с помощью гидротехнических сооружений составили известные и авторские разработки отдельных элементов и конструкций противоэрозионных сооружений. При обобщении и сравнении технических характеристик и принципов работы противоэрозионного сооружения использовались методы сравнения, анализа и синтеза.

**Результаты и обсуждение.** Анализ различных информационных материалов (научных трудов, публикаций, патентов [5–13], посвященных разработке способов защиты склонов от водной эрозии с помощью гидротехнических сооружений) показал их однотипность в плане конструктивного исполнения и необходимость их доработки и усовершенствования с целью повышения эффективности функционирования и недопущения попадания биогенных веществ в водный объект.

Так, к преимущественным недостаткам наиболее известных способов борьбы с водной эрозией почвы на склонах с помощью водозадерживающих траншей, расположенных по горизонталям местности [7, 14, 15], можно отнести такие:

- низкая эффективность на сложных склонах с различной крутиз-

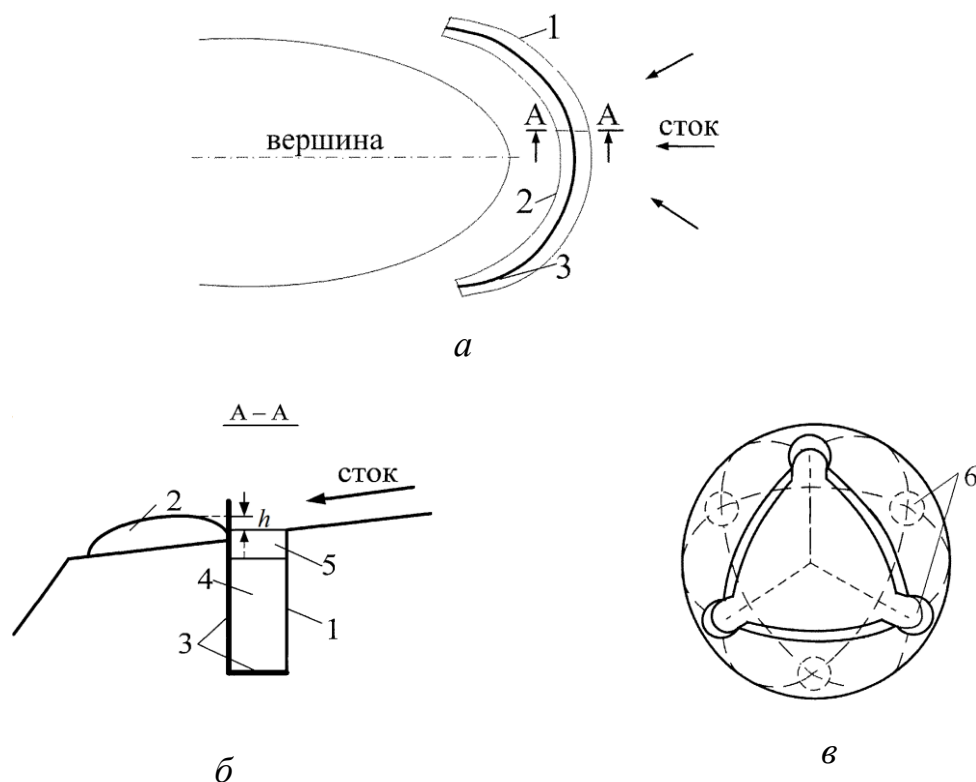
ной и экспозицией рельефа вследствие «несовершенства» конструкции траншеи;

- временность действия устраиваемых засыпок в траншеях из-за разрушения;
- невысокая эффективность вследствие низкой водоудерживающей способности и быстрой отдачи воды;
- отсутствие предварительной очистки поверхностных вод перед сбросом их в водный объект.

Рассматривая конструктивные решения с учетом современных требований к обеспечению соблюдения норм экологического законодательства в области предотвращения загрязнения водных объектов, для дальнейшего усовершенствования приняли конструктивное решение, которое защищено патентом № 2467543 «Способ защиты склонов от водной эрозии» [7] (рисунок 2). Данный способ включает создание по горизонтали местности траншеи с валом, заполнение ее неорганическим наполнителем в виде пластмассовых шаров со сквозными отверстиями.

Анализ, проведенный нами, позволил выявить его недостатки: низкая эффективность, так как пустые пластмассовые шары со сквозными отверстиями неспособны удерживать воду с дальнейшей постепенной ее фильтрацией в грунт; поступление загрязненной биогенными веществами воды в водный объект.

Поставленная в статье цель достигается усовершенствованием способа защиты склонов от водной эрозии [7], включающим создание водозадерживающей траншеи 1, выполненной по горизонтали местности, с водозадерживающим земляным валом 2 и расположенным в ней водозадерживающим экраном 3. По способу защиты склонов от водной эрозии [7] траншея 1 заполнена неорганическим наполнителем 4, представляющим собой пластмассовую сферу, имеющую сквозные отверстия.



*a* – способ защиты склонов от водной эрозии (вид сверху); *б* – схема траншеи с неорганическим наполнителем (А – А); *в* – схема элемента неорганического наполнителя; 1 – дугообразная (по горизонтали местности) траншея; 2 – водозадерживающий земляной вал; 3 – вододерживающий экран высотой  $h$ , охватывающий дно и стенку траншеи; 4 – неорганический наполнитель (пластмассовые шары); 5 – фильтрационный материал; 6 – сквозные отверстия

**Рисунок 2 – Расположение дугообразной траншеи перед действующей вершиной оврага**

Авторами определено направление усовершенствования данного способа – это разработка фильтрующей загрузки для пластмассовых шаров. Ранее И. Б. Борисенко, А. С. Овчинников, Ю. Н. Плескачев, О. Г. Чамурлиев [15] предлагали фильтрующую загрузку из смеси цеолита (40–70 %) и дробленого керамзита (10 %). Но нами выявлено, что это является причиной низкой вододерживающей способности загрузки пластмассовых шаров и быстрой отдачи воды. В связи с этим нами предлагается пластмассовые шары 4 заполнить фильтрующей загрузкой из агроперлита фракции от 5 до 10 мм, при этом загрузкой заполняют пластмассовые сферы на  $\frac{2}{3}$  объема. Пластмассовые шары имеют восемь сквозных отверстий диаметром менее 5 мм, расположенных попарно и соосно.

Заполнение пластмассовой сферы фильтрующей загрузкой из агроперлита фракции 5–10 мм на 2/3 объема позволяет повысить эффективность водоудерживающей траншеи за счет увеличения водопоглощающей способности неорганического наполнителя траншеи с обеспечением дальнейшей постепенной фильтрации воды в грунт, а также предотвратить вымывание из траншеи шаров. Применение агроперлита позволяет очищать воду, проходящую через водоудерживающую траншею, от взвешенных веществ и биогенов, тем самым не допускать загрязнения водного объекта. Применение фракционного состава 5–10 мм исключает вымывание частиц агроперлита из пластмассовых сфер, имеющих восемь сквозных отверстий диаметром менее 5 мм, расположенных попарно и соосно, что обеспечивает поступление воды в шар со всех сторон, независимо от его положения в общей массе в траншее. Увеличение количества отверстий в сфере дает более равномерную впитываемость агроперлитом воды и повышает тем самым скорость ее поглощения.

Агроперлит – природный материал вулканического происхождения, очень быстро нагретый до температуры 900 °С. Частицы агроперлита, интенсивно впитывая воду, по массе могут набрать ее до 400 %, удерживать, а при необходимости легко и постепенно ее отдавать. По структуре агроперлит не подвержен гниению и разложению, обеспечивая тем самым неограниченный срок службы противоэрозионного сооружения (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Фото агроперлита фракции от 5 до 10 мм  
(авторы фото А. В. Слабунова, А. П. Суровикина)**

Полые пластмассовые шары по своим техническим характеристикам должны соответствовать положениям ГОСТ 22648-77 [16], агроперлит фракции от 5 до 10 мм – выполнять требования ГОСТ 10832-2009 [17].

Данный способ задержания поверхностного стока работает следующим образом. Вода во время снеготаяния и дождей, образуя поверхностный сток, стекает по склону, наталкиваясь на земляной вал, попадает в водозадерживающую траншею, задерживаясь в ней также водоудерживающим экраном. Таким образом, в траншее гасится энергия потока. Вода по мере наполнения траншеи проникает в пластмассовые шары, в которых частицы агроперлита интенсивно впитывают ее в себя, в результате чего происходит задержание воды. После весеннего оттаивания и по мере просыхания почвы после дождя происходит постепенная отдача (фильтрация) воды агроперлитом в почву.

Применение фильтрующей загрузки из агроперлита повышает водоудерживающую способность неорганического наполнителя траншеи, что обеспечивает эффективное задержание поверхностного стока, значительное уменьшение смыва почвы, снижение эрозионных процессов. Прохождение воды через фильтрационный материал способствует очистке водного потока от взвешенных частиц и биогенов, предотвращая их попадание в водный объект.

**Выводы.** Предложен усовершенствованный способ защиты склонов от водной эрозии, включающий создание траншеи, ориентированной по горизонтали местности, с водоудерживающим земляным валом и водоудерживающим экраном. Она заполнена неорганическим наполнителем, представляющим собой пластмассовые шары, отличающиеся тем, что заполнены фильтрующей загрузкой из агроперлита на  $2/3$  объема, имеют восемь сквозных отверстий диаметром менее 5 мм, расположенных попарно и соосно.



### Список источников

1. The interactive effects of elevation, precipitation and lithology on karst rainfall and runoff erosivity / Y. Jiang, J. Gao, L. Yang, S. Wu, E. Dai // *Catena*. 2021. Vol. 207. 11 p. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105588.
2. Кашутина Е. А., Ясинский С. В., Коронкевич Н. И. Весенний поверхностный склоновый сток на Русской равнине в годы различной водности // *Известия Российской академии наук*. 2020. № 1. С. 37–46. DOI: 10.31857/S2587556620010100.
3. Варюшина Г. П. Обезвреживание поверхностного стока – важный вклад в охрану водных объектов // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2019. № 8. С. 48–54. DOI: 10/35776/MNP/2019.08.05.
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: НИИ ВОДГЕО, 2014. 88 с.
5. Барабанов А. Т., Петелько А. И. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 4(52). С. 43–49. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-5.
6. Пат. 2746485 Российская Федерация, МПК А 01 В 13/06. Способ защиты склонов от водной эрозии / Васильев С. М., Домашенко Ю. Е., Слабунова А. В., Слабунов В. В.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2020125737; заявл. 24.07.20; опубл. 14.04.21, Бюл. № 11. 6 с.
7. Пат. 2467543 Российская Федерация, МПК А 01 В 13/16, Е 02 В 11/00. Способ защиты склонов от водной эрозии / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Козликина А. С., Щедрин М. А., Васильева Е. А., Васильев В. В.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2011112135/13; заявл. 30.03.11; опубл. 27.11.12, Бюл. № 33. 6 с.
8. Разработка новых методов защиты склонов от водной эрозии / Д. Р. Хайруллин, А. Г. Набиуллина, А. С. Глазков, Д. А. Гулин, С. М. Султанмагомедов // *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. 2020. № 5–6. С. 67–70. DOI: 10.24411/0131-4270-2020-6-67-70.
9. Адыев В. З. Анализ методов укрепления откосов // *Инновации. Наука. Образование*. 2020. № 11. С. 127–139.
10. Changes in runoff and water quality in the catchment areas of the reservoirs / S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, E. A. Barabanova, I. S. Zaitseva, E. Kashutina, S. I. Shaporenko, S. V. Yasinsky // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 321(1). № 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012036.
11. Laboratory model test study of the hydrological effect on granite residual soil slopes considering different vegetation types / J. Chen, X. W. Lei, H. L. Zhang, Z. Lin, H. Wang, W. Hu // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11(1). 17 p. DOI: 10.1038/s41598-021-94276-4.
12. Applying different resampling strategies in machine learning models to predict head-cut gully erosion susceptibility / F. Wang, M. Sahana, B. Pahlevanzadeh, S. Chandra Pal, P. Kumar Shite, M. J. Piran, S. Janizadeh, S. S. Band, A. Mosavi // *Alexandria Engineering Journal*. 2021. Vol. 60, № 6. P. 5813–5829. DOI: 10.1016/j.aej.2021.04.026.
13. Пат. 2578530 Российская Федерация, МПК А 01 В 79/00, А 01 В 13/16. Способ борьбы с эрозией почвы на склонах / Шуравилин А. В., Поддубский А. А., Бондарев Б. Е.; заявитель и патентообладатель Рос. ун-т дружбы народов. № 2014153332/13; заявл. 29.12.14; опубл. 27.03.16, Бюл. № 9. 4 с.
14. Способ борьбы с эрозией почв на склонах: а. с. 895297 СССР: МПК<sup>3</sup> А 01 В 13/16 / Ю. В. Бондаренко, В. А. Калужский, А. А. Чуйков (СССР). № 4691326; заявл. 15.05.89; опубл. 30.04.91, Бюл. № 16. 6 с.

15. Пат. 2644569 Российская Федерация, МПК А 01 В 79/00. Способ защиты почв от водной эрозии / Борисенко И. Б., Овчинников А. С., Плещачев Ю. Н., Чамурлиев О. Г.; заявитель и патентообладатель Волгогр. гос. аграр. ун-т. № 2017107637; заявл. 07.03.17; опубл. 13.02.18, Бюл. № 5. 3 с.

16. ГОСТ 22648-77. Пластмассы. Методы определения гигиенических показателей. Введ. 1978-01-07. М.: Изд-во стандартов, 1997. 10 с.

17. ГОСТ 10832-2009. Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия. Введ. 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2011. 15 с.

## References

1. Jiang Y., Gao J., Yang L., Wu S., Dai E., 2021. The interactive effects of elevation, precipitation and lithology on karst rainfall and runoff erosivity. *Catena*, vol. 207, 11 p., DOI: 10.1016/j.catena.2021.105588.

2. Kashutina E.A., Yasinsky S.V., Koronkevich N.I., 2020. *Vesenniy poverkhnostnyy sklonovyy stok na Russkoy ravnine v gody razlichnoy vodnosti* [Spring slope runoff on the Russian plain in years of different water content]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], no. 1, pp. 37-46, DOI: 10.31857/S2587556620010100. (In Russian).

3. Varyushina G.P., 2019. *Obezvrezhivanie poverkhnostnogo stoka – vazhnyy vklad v okhranu vodnykh ob"ektov* [Surface runoff disposal - an important contribution to the protection of water bodies]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Engineering], no. 8, pp. 48-54, DOI: 10/35776/MNP/2019.08.05. (In Russian).

4. *Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy, ploshchadok predpriyatiy i opredeleniyu usloviy vypuska ego v vodnye ob"ekty* [Recommendations for Calculating Systems for Collecting, Diverting and Treating Surface Runoff from Residential Areas, Sites of Enterprises and Determining the Conditions for Its Release into Water Bodies]. Moscow, NII VODGEO, 2014, 88 p. (In Russian).

5. Barabanov A.T., Petelko A.I., 2018. *Prognozirovanie poverkhnostnogo stoka talykh vod s sel'skokhozyaystvennykh ugodiy v lesostepnoy chasti basseyna Volgi* [Forecasting the surface runoff of meltwaters from agricultural land in the forest-steppe zone of the Volga basin]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolgskiy Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education], no. 4(52), pp. 43-49, DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-5. (In Russian).

6. Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., Slabunova A.V., Slabunov V.V., 2020. *Sposob zashchity sklonov ot vodnoy erozii* [Method of Protecting Slopes from Water Erosion]. Patent RF, no. 2746485. (In Russian).

7. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Kozlikina A.S., Shchedrin M.A., Vasilyeva E.A., Vasilyev V.V., 2011. *Sposob zashchity sklonov ot vodnoy erozii* [Method of Protecting Slopes from Water Erosion]. Patent RF, no. 2467543. (In Russian).

8. Khairullin D.R., Nabiullina A.G., Glazkov A.S., Gulin D.A., Sultanmagomedov S.M., 2020. *Razrabotka novykh metodov zashchity sklonov ot vodnoy erozii* [Development of new methods for protecting slopes from water erosion]. *Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya* [Transport and Storage of Oil Products and Hydrocarbons], no. 5-6, pp. 67-70, DOI: 10.24411/0131-4270-2020-6-67-70. (In Russian).

9. Adyev V.Z., 2020. *Analiz metodov ukrepleniya otkosov* [Analysis of methods for strengthening slopes]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* [Innovations. Science. Education], no. 11, pp. 127-139. (In Russian).

10. Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Zaitseva I.S., Kashutina E., Shaporenko S.I., Yasinsky S.V., 2021. Changes in runoff and water quality in the catchment

areas of the reservoirs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 321(1), no. 012036, DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012036.

11. Chen J., Lei X.W., Zhang H.L., Lin Z., Wang H., Hu W., 2021. Laboratory model test study of the hydrological effect on granite residual soil slopes considering different vegetation types. Scientific Reports, vol. 11(1), 17 p., DOI: 10.1038/s41598-021-94276-4.

12. Wang F., Sahana M., Pahlevanzadeh B., Chandra Pal S., Kumar Shite P., Piran M.J., Janizadeh S., Band S.S., Mosavi A., 2021. Applying different resampling strategies in machine learning models to predict head-cut gully erosion susceptibility. Alexandria Engineering Journal, vol. 60, no. 6, pp. 5813-5829, DOI: 10.1016/j.aej.2021.04.026.

13. Shuravilin A.V., Poddubsky A.A., Bondarev B.E., 2016. *Sposob bor'by s eroziyey pochvy na sklonakh* [Method of Controlling Soil Erosion on Slopes]. Patent RF, no. 2578530. (In Russian).

14. Bondarenko Yu.V., Kaluzhsky V.A., Chuikov A.A., 1991. *Sposob bor'by s eroziyey pochvy na sklonakh* [Method of Controlling Soil Erosion on Slopes]. Author's certificate, no. 895297. (In Russian).

15. Borisenko I.B., Ovchinnikov A.S., Pleskachev Yu.N., Chamurliiev O.G., 2018. *Sposob zashchity pochvy ot vodnoy erozii* [Method of Soil Protection from Water Erosion]. Patent RF, no. 2644569. (In Russian).

16. GOST 22648-77. *Plastmassy. Metody opredeleniya gigienicheskikh pokazateley* [Plastics. Methods for Determining Hygiene Indicators]. Moscow, Publ. of Standards, 1997, 10 p. (In Russian).

17. GOST 10832-2009. *Pesok i shcheben' perlitovye vspuchennyye. Tekhnicheskie usloviya* [Perlite Expanded Sand and Crushed Stone. Technical Conditions]. Moscow, Publ. of Standards, 2011, 15 p. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**А. В. Слабунова** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук;

**А. П. Суровикина** – аспирант, младший научный сотрудник.

#### ***Information about the authors***

**A. V. Slabunova** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences;

**A. P. Surovikina** – Postgraduate Student, Junior Researcher.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 23.08.2021; одобрена после рецензирования 06.09.2021; принята к публикации 09.09.2021.*

*The article was submitted 23.08.2021; approved after reviewing 06.09.2021; accepted for publication 09.09.2021.*