

УДК 626.823

DOI: 10.31774/2658-7890-2020-4-100-113

О. А. Баев, В. Ф. Сильченко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ (ОБЗОР)

Цель: анализ воздействия накопителей промышленных отходов на поверхностные и подземные источники водоснабжения. **Материалы и методы:** по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, выявлено ежегодное значительное возрастание объемов образуемых и складированных отходов. Одной из глобальных проблем, связанных с воздействием накопителей отходов на окружающую среду, является образующийся в теле накопителя загрязненный фильтрат. Отсутствие должной гидроизоляции в основании накопителей различного назначения, как правило, приводит к загрязнению грунтовых и поверхностных источников водоснабжения, почвогрунтов и прилегающих территорий. Выполнявшиеся ранее мероприятия, направленные на устройство «глиняного замка» мощностью от 0,5 до 1,0 м, являются недостаточно эффективными, а полимерные пленки, использовавшиеся в основании накопителей, характеризовались быстрой повреждаемостью и малой долговечностью. **Результаты:** проведенный анализ и обзор выполненных различными авторами исследований показал, что с целью уменьшения загрязнения поверхностных и подземных вод вредными веществами при эксплуатации накопителей отходов должен быть выполнен комплекс мероприятий, препятствующих проникновению загрязняющих компонентов в водные объекты. **Выводы:** для предотвращения загрязнения поверхностных и подземных водных источников в основании накопителя необходимо применение противοфильтрационных и дренирующих устройств, позволяющих заблаговременно устранить поступление загрязненного фильтрата в почвогрунты и нижележащие горизонты. Устройство противοфильтрационного экрана и дренажной системы из современных строительных геосинтетических материалов (например, трехслойных дренажных матов, совмещенных с водонепроницаемыми геомембранами и геотекстилями) позволит не только эффективно отводить загрязненный фильтрат из накопителей, но и сократить поступление загрязняющих веществ в водоносные горизонты.

Ключевые слова: накопитель отходов; фильтрация; противοфильтрационный экран; грунтовые воды; загрязненный фильтрат.

O. A. Baev, V. F. Silchenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

IMPACT ANALYSIS OF WASTE PONDS ON SURFACE AND UNDERGROUND WATER (REVIEW)

Purpose: analysis of the impact of industrial waste storage facilities on surface and underground water supply sources. **Materials and methods:** according to the data of Federal Service for Supervision of Natural Resources, an annual significant increase in the volume of generated and stored waste was determined. One of the global problems associated with



the impact of waste ponds on the environment is the contaminated filtrate formed in its body. As a rule, the absence of proper waterproofing at the basis of storage ponds of various purposes leads to contamination of ground and surface water supply sources, soil and adjacent territories. Previous measures aimed at the construction of a “clay castle” with a thickness of 0.5 to 1.0 m are insufficiently effective, and the polymer films used in the base of the storage ponds were characterized by rapid damage and low durability. **Results:** the analysis and review of the studies carried out by various authors showed that to reduce the pollution of surface and ground waters with harmful substances during the waste ponds operation, a set of measures to prevent the penetration of polluting components into water bodies should be taken. **Conclusions:** to prevent contamination of surface and groundwater sources at the base of the reservoir, it is necessary to use impervious and drainage facilities, which allow to eliminate the flow of contaminated leachate into the soil and underlying beds in advance. The impervious screen and a drainage system facility of modern geosynthetic materials (for example, three-layer drainage mats combined with impervious geomembranes and geotextiles) will not only effectively remove contaminated filtrate from the waste ponds, but also reduce the flow of pollutants into the aquifers.

Key words: waste ponds; filtration; impervious membrane; anti-filtration screen; groundwater; contaminated filtrate.

Введение. Увеличение количества образующихся отходов производства и потребления связано с ростом численности населения в городах и развитием промышленности. При неправильном сборе, несвоевременном удалении и неудовлетворительном обезвреживании отходов ухудшается экологическая обстановка, наносится ущерб окружающей среде, вызывая загрязнение подземных и поверхностных вод, в т. ч. используемых в водоснабжении [1]. Одним из важнейших факторов, ухудшающих экологическую обстановку, является накопление в массовом количестве отходов промышленности.

Утилизация отходов различного происхождения путем их захоронения является наиболее распространенным способом их обезвреживания в России, который в свою очередь создает множество экологических проблем [2].

Материалы и методы. Действующая классификация промышленных отходов в зависимости от отрицательного воздействия на окружающую природную среду приведена в таблице 1 [3].

Отходы разделяются по соответствующим видам, а также в зависимости от степени неблагоприятного влияния на окружающую среду по классам опасности, регламентированным в установленном законодательными нормативными актами порядке классификации (рисунок 1) [2].

Таблица 1 – Классификация отходов по классам опасности и степени воздействия на окружающую среду

Класс опасности	Степень негативного воздействия на окружающую среду	Степень воздействия на окружающую среду	Примеры отходов
1	очень высокая	- необратимое нарушение экосистемы и невозможность ее восстановления; - крайне высокая степень негативного воздействия на организм человека.	Дифенильные вещества, трансформаторы, конденсаторы, антидетонационные присадки, крезол, минеральные масла и др.
2	высокая	- высокая степень нарушения экосистемы; - период восстановления экосистемы от 30 лет с момента устранения источника негативного воздействия и обезвреживания территории нахождения отходов данного класса опасности; - высокая степень негативного воздействия на организм человека.	Освинцованные кабели, аккумуляторы, отходы нефтепродуктов, отходы свинцовых солей, свинцовые опилки и др.
3	умеренная	- умеренная степень опасности для экосистемы; - период восстановления экосистемы от 10 лет с момента устранения источника негативного воздействия и обезвреживания территории нахождения отходов данного класса опасности; - высокая степень негативного воздействия на организм человека.	Ацетон, шлам нефтепродуктов и нефтяных емкостей, дизельное топливо, сельскохозяйственные отходы и др.
4	низкая	- незначительная степень нарушения экосистемы; - период восстановления экосистемы от 3 лет с момента уничтожения источника негативного воздействия; - умеренная степень негативного воздействия на организм человека непосредственно в области нахождения отходов данного класса.	Строительный, бытовой мусор, автопокрышки, бумажные, картонные остатки и др.
5	очень низкая	- нарушения экосистемы отсутствуют; - не требуется очистка и восстановление экосистемы; - негативное воздействие на организм человека отсутствует или отмечается в пределах допустимых (минимальных) показателей.	Стружка дерева, керамика, обломки кирпича, пищевые отходы и др.

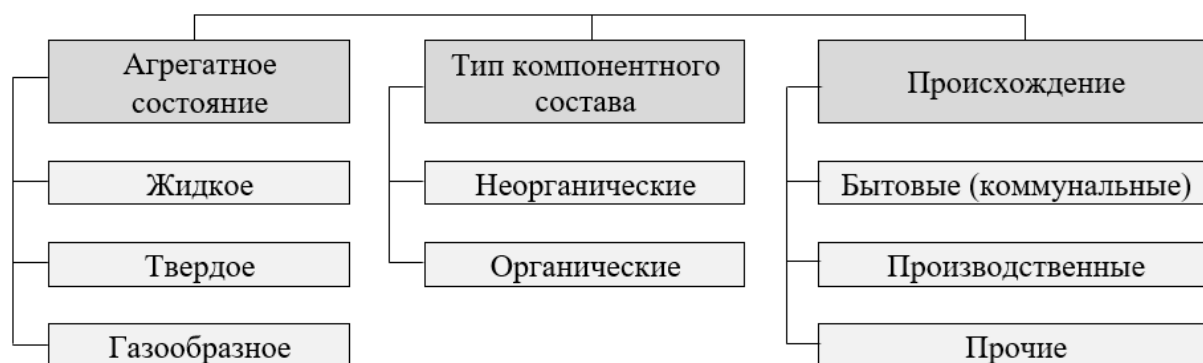


Рисунок 1 – Основные категории и критерии разделения отходов

По данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, в России (на начало 2018 г.) зафиксировано 7518 полигонов для размещения отходов (рисунок 2).

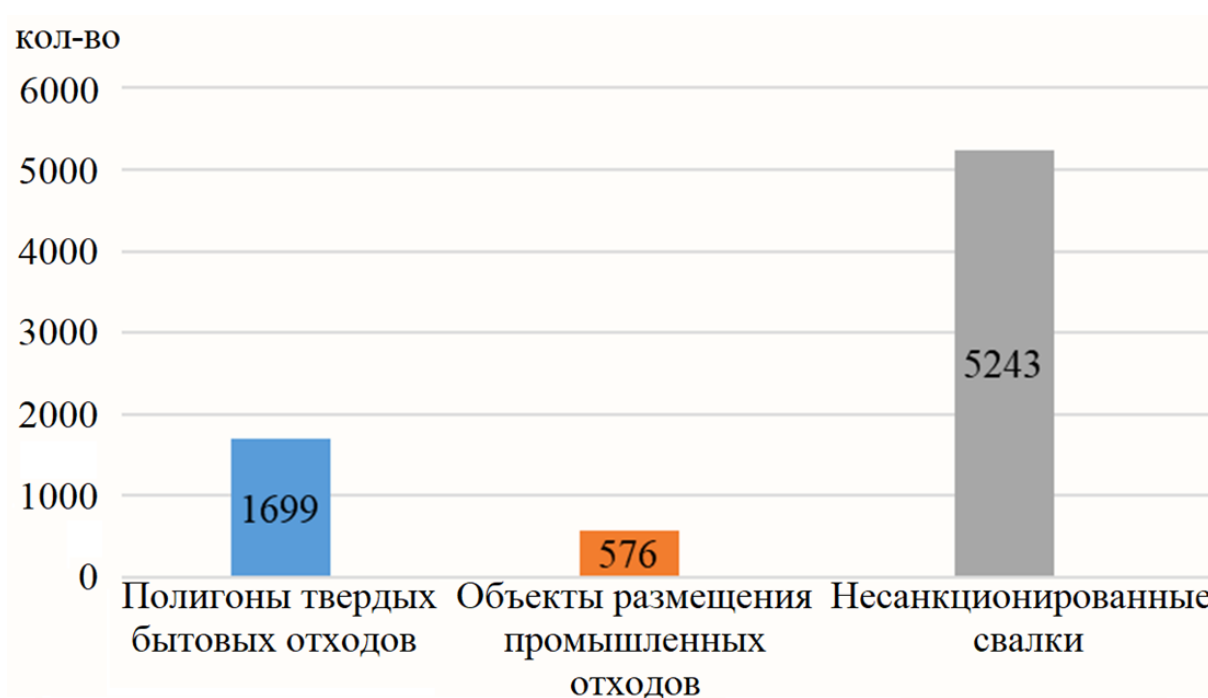


Рисунок 2 – Объекты размещения отходов в России (по данным Росприроднадзора на 2018 г.)

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» [3], в 2018 г. на территории Российской Федерации образовалось 7266 млн т отходов, что на 16,8 % выше уровня 2017 г. За период 2010–2018 гг. количество ежегодно образующихся отходов увеличилось с 3735 до 7266,1 млн т, или на 94,5 % (рисунок 3).

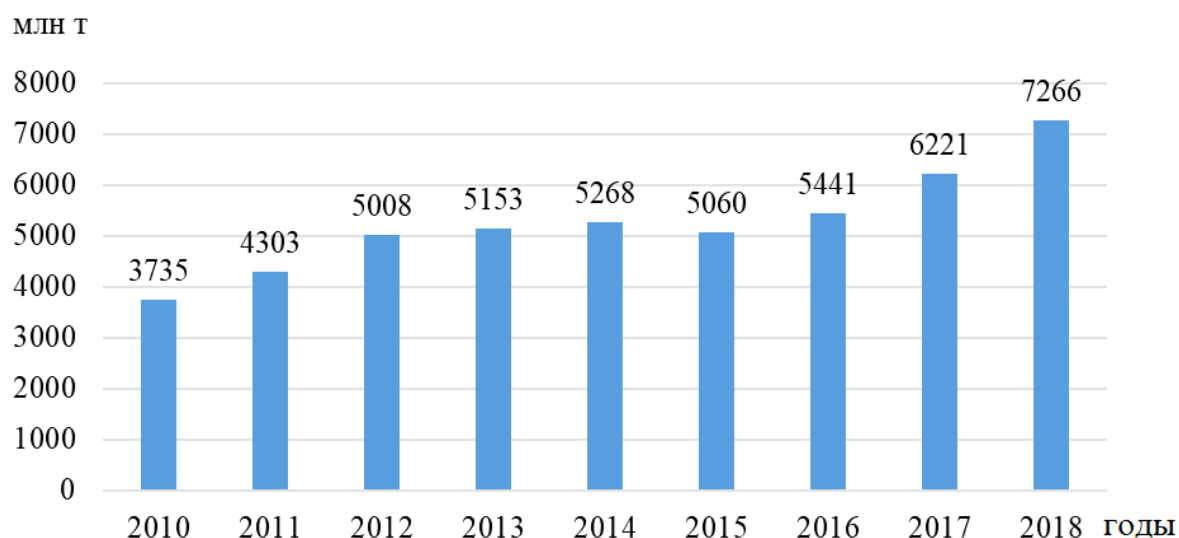


Рисунок 3 – Динамика объемов образования различных отходов в Российской Федерации

Количество отходов, направленных на захоронение, в 2018 г. составило 826 млн т. За период 2010–2018 гг. данный показатель увеличился с 593,0 до 1029,2 млн т. С 2014 по 2018 г. отмечено существенное падение объемов захоронения отходов с минимальным значением 354,6 млн т в 2016 г. и последующим ростом к 2018 г. Динамика складирования отходов приведена на рисунке 4 [3].

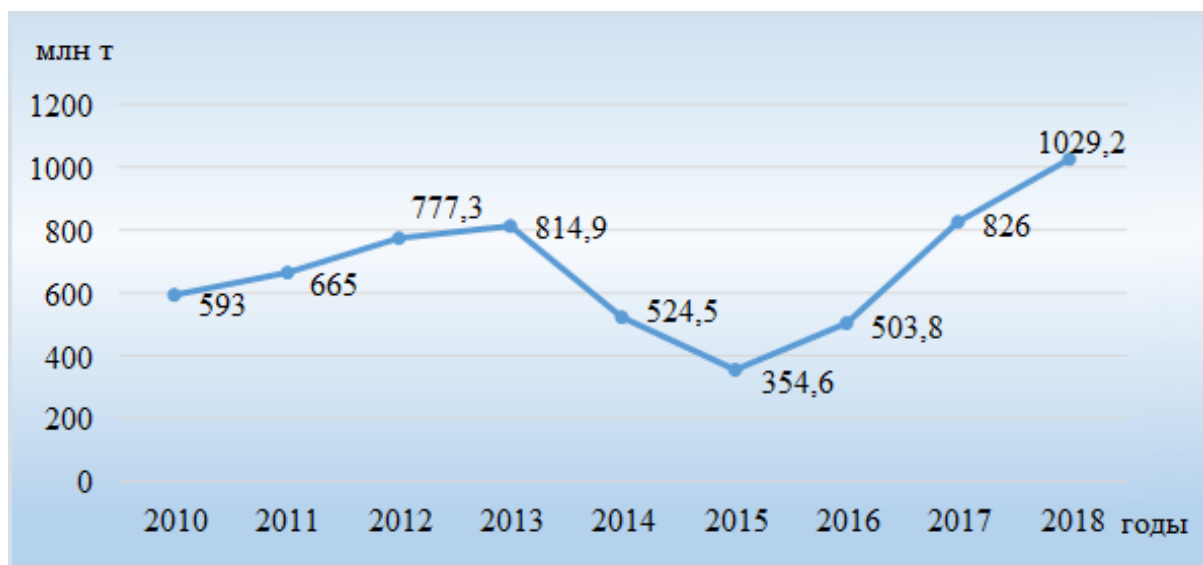
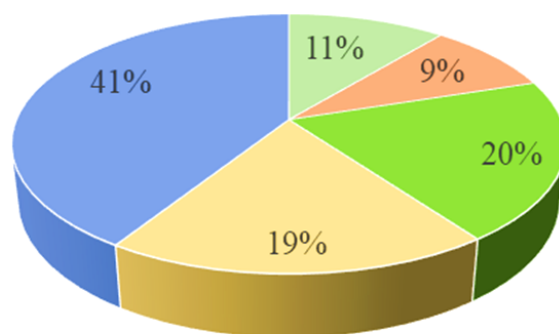


Рисунок 4 – Динамика складирования отходов в 2010–2018 гг. (по данным Росприроднадзора) [3]

На рисунке 5 представлены доли промышленных отходов по видам деятельности [4].



41 % – добыча каменного угля, бурого угля и торфа; 19 % – добыча металлических руд; 20 % – добыча прочих полезных ископаемых; 9 % – металлургическое производство; 11 % – прочее

Рисунок 5 – Образование промышленных отходов по видам экономической деятельности

На сегодняшний день действующих тепловых электростанций на угольном топливе порядка 179, что составляет около 30 % всех генерирующих мощностей. На многих электростанциях золошлаковые отвалы переполнены, при этом расширение отвалов невозможно либо требует значительных затрат. К таким станциям относятся: Березовская ГРЭС, Новочеркасская, Южно-Кузбасская, Рефтинская, Троицкая, Иркутская ТЭЦ-9 и др.

Переработке и вторичному использованию подвергаются лишь 12 % золошлаковых отходов (ЗШО) – для промышленности, строительных материалов, дорожного строительства и других отраслей. Ежегодно еще около 22 млн т ЗШО складировются в накопителях в дополнение к ранее накопленным 1,5 млрд т. Вредные фильтраты в виде растворов из хранилищ и накопителей со временем попадают в грунтовые и поверхностные воды [5–9].

К числу главных проблем, возникающих при размещении таких отходов, относятся нижеследующие:

- расположение золошлакоотвалов вблизи городов;
- загрязнение подземных и поверхностных источников токсичными веществами при складировании и хранении отходов.

На рисунке 6 представлена динамика утилизации и обезвреживания отходов производства в Российской Федерации за 2010–2018 гг. (по данным Росприроднадзора) [3].



Рисунок 6 – Динамика утилизации и обезвреживания отходов промышленного производства в РФ

Одной из серьезнейших проблем, связанных с воздействием накопителя отходов на окружающую природную среду, является загрязнение поверхностных и подземных вод дренажными стоками и загрязненным жидким фильтратом.

Жидкие фильтраты, которые представляют собой растворы и суспензии широкого спектра неорганических и органических веществ (многие из которых токсичны), выделяются из отходов, накопленных в процессе складирования. Основой фильтрата являются осадки, выпадающие на поверхность расположения накопителя. При просачивании через толщу отходов вода вымывает и переводит многие вещества в растворенное или взвешенное состояние, включая токсичные органические и неорганические загрязнения, соединения тяжелых металлов [10, 11].

При отсутствии должной гидроизоляции в основании накопителя фильтрат проникает в почву, в грунтовые, а затем и в подземные воды, после чего по водостокам в открытые водоемы, попадая в источники водоснабжения. Поэтому сбор и очистка фильтрата является обязательным условием для эксплуатации любого крупного накопителя отходов [12, 13].

Результаты. Для предотвращения загрязнения поверхностных и

подземных водоисточников вредными веществами при эксплуатации накопителей должен быть предусмотрен комплекс мер, препятствующих проникновению загрязняющих компонентов в подземные воды. Экологическим мониторингом предусматривается контроль качества поверхностных и подземных вод в зоне потенциального влияния накопителей [14–16].

Основные этапы выполнения противοfiltrационных экранов и дренажных систем на накопителях проиллюстрированы рисунком 7 [17].



Рисунок 7 – Этапы выполнения противοfiltrационных экранов и дренажных устройств на накопителях

Проектирование, строительство и эксплуатация накопителей регламентируются нормативными документами. Конструктивные решения оснований накопителей зависят от вида отходов, климатических и гидрогеологических условий.

Для предотвращения проникновения фильтрата в подземные воды предусматривается устройство:

- противофильтрационного экрана в основании накопителя из водонепроницаемых материалов – естественных (глины, суглинки) и искусственных (полимерные экраны из геосинтетических и геокомпозитных материалов: геомембран, геокомпозитных бетонных и бентонитовых матов);
- системы дренажа и сбора фильтрата в основании накопителя;
- системы дренажа для отвода поверхностного стока с прилегающих территорий (с использованием дренажных геокомпозитных матов);
- системы откачки и очистки фильтрата.

Несмотря на проведение всех регламентируемых мероприятий при проектировании, строительстве и эксплуатации накопителей отходов, направленных на предотвращение загрязнения подземных вод, происходит просачивание фильтрата через основание накопителя ввиду того, что:

- глинистые экраны не обеспечивают полную защиту подземных вод от фильтрации растворенных веществ в составе фильтрата;
- при воздействии на экран сильных кислот и ряда неорганических жидкостей коэффициент фильтрации значительно увеличивается во времени, что необходимо учитывать при определении конструкции экрана и выборе противофильтрационного элемента [17, 18];
- имеются зоны дефектов полимерных материалов как компонента противофильтрационного экрана, связанные с возникновением проколов, трещин, плохо сваренными швами, длительным сроком службы, воздействием внешних элементов (химического состава фильтрата, температуры, ультрафиолетового излучения, механического воздействия и др.) [19, 20].

Исходя из этого, в оценку воздействия проектируемого накопителя отходов на окружающую среду, а также действующих, реконструируемых накопителей должны входить следующие элементы:

- прогноз качества фильтрационных вод;
- прогноз образования объема фильтрата с учетом трансформации поверхностного стока и неравномерности его распределения;
- прогноз переноса загрязняющих веществ к грунтовым водам;
- прогноз распространения загрязняющих веществ в водоносном горизонте.

Выводы

1 Вопрос защиты водных источников от загрязнения вредными веществами должен решаться проведением комплекса противофильтрационных мероприятий, которые позволяют существенно сократить объемы фильтрационных потерь через основание накопителей, тем самым практически полностью исключить загрязнение подземных и грунтовых вод, почвогрунтов.

2 Устройство противофильтрационного экрана и дренажной системы с использованием современных строительных геосинтетических и геокомпозитных материалов (например, трехслойных дренажных матов, совмещенных с водонепроницаемыми геомембранами и геотекстилями) позволит не только эффективно отводить фильтрат из накопителей, но и сократить поступление загрязняющих веществ в водоносные горизонты.

Список использованных источников

1 Попов, М. А. Природоохранные сооружения / М. А. Попов, И. С. Румянцев. – М.: Колос, 2013. – 520 с.

2 Юмагулова, Э. Р. Опыт Европейского союза в регулировании деятельности по обращению с отходами, влияющими на здоровье человека / Э. Р. Юмагулова, М. Д. Ткачева // Окружающая среда и здоровье человека: опыт стран Евросоюза: материалы науч.-практ. семинара. – 2018. – С. 57–64.

3 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – М.: Минприроды России; Кадастр, 2019. – 844 с.

4 Сердюкова, А. Ф. Загрязнение окружающей среды отходами производств / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабанщиков // Молодой ученый. – 2018. – № 25(211). – С. 28–31.

5 Сауц, А. В. Очистка и утилизация свалочных сточных вод и фильтрата / А. В. Сауц, С. В. Ерегина // Наука и просвещение: II Междунар. науч.-практ. конф. МЦНС. – 2018. – С. 14–18.

6 El Aassy, I. E. Environmental impacts of waste produced from processing of different uraniferous rock samples / I. E. El Aassy, D. H. Shabaan, E. M. Ibrahim // Journal of Radiation Research and Applied Sciences. – 2016, July. – Vol. 9, iss. 3. – P. 303–309. – DOI: 10.1016/j.jrras.2016.01.005.

7 Ищенко, А. В. Исследование гидравлических характеристик локального пятна загрязнения при инфильтрации его в почву и грунтовые воды / А. В. Ищенко, М. В. Тесаловская // Инновационное развитие. – 2017. – № 4. – С. 18–22.

8 Складенко, Е. О. Моделирование распространения загрязненного потока из накопителей промышленных отходов в грунтовых водах / Е. О. Складенко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2007. – № 4. – С. 96–99.

9 Hazardous waste and health impact: a systematic review of the scientific literature / L. Fazzo, F. Minichilli, M. Santoro, A. Ceccarini, M. Della Seta, F. Bianchi, P. Comba, M. Martuzzi // Environ. Health. – 2017. – Vol. 16. – DOI: 10.1007/978-3-030-24693-8_4.

10 Обеспечение защиты природных вод в районах размещения полигонов твердых бытовых отходов / С. В. Сольский, И. А. Кветная, Д. П. Самофалов, Р. Д. Хайтов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2001. – Т. 239. – С. 225–236.

11 Сильченко, В. Ф. Исследования в области противифльтрационной защиты каналов, водоемов и накопителей / В. Ф. Сильченко // European Science of the Future: сб. науч. тр. по материалам I Междунар. науч.-практ. конф., г. Смоленск, 8 апр. 2019 г. – Смоленск: Наукосфера, 2019. – С. 79–82.

12 Косиченко, Ю. М. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов / Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватова, О. А. Баев // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2015. – № 278. – С. 35–46.

13 Методические основы разработки технических решений по защите природных вод от загрязнения при проектировании, эксплуатации и консервации накопителей и хранилищ жидких, твердых и пастообразных отходов / С. В. Сольский, С. Г. Гордиенко, Н. Я. Никитина, Д. П. Самофалов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1999. – Т. 235. – С. 123–137.

14 Сольский, С. В. Обоснование замкнутых водооборотных систем при обустройстве полигонов твердых бытовых отходов / С. В. Сольский, Д. П. Самофалов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2003. – Т. 242. – С. 175–185.

15 Ищенко, А. В. Разработка и научное обоснование конструктивно-технических решений для противифльтрационной защиты накопителей отходов / А. В. Ищенко, В. Ф. Сильченко // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием. – 2018. – С. 162–167.

16 Складенко, Е. О. Экспериментальные исследования противифльтрационных и дренажных защит накопителей промышленных отходов / Е. О. Складенко // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2007. – № 5. – С. 71–72.

17 Косиченко, Ю. М. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противифльтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 65 с. – Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-В2015.

18 Бандурин, М. А. Численное моделирование объемного противифльтрационного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра / М. А. Бандурин, В. А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 27, № 4. – С. 46.

19 Бандурин, М. А. Обоснование эколого-экономической эффективности приме-

нения противofiltrационных геотекстильных покрытий водопроводящих сооружений оросительных систем / М. А. Бандурин, И. Ф. Юрченко // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 95–103.

20 Косиченко, Ю. М. Оценка водопроницаемости бетонопленочной облицовки с закоматированными швами при длительной эксплуатации каналов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз // Вестник МГСУ. – 2016. – № 7. – С. 114–133.

References

1 Popov M.A., Rumyantsev I.S., 2013. *Prirodookhrannyye sooruzheniya* [Environmental Protection Facilities]. Moscow, Kolos Publ., 520 p. (In Russian).

2 Yumagulova E.R., Tkacheva M.D., 2018. *Opyt Evropeyskogo soyuza v regulirovaniy deyatelnosti po obrashcheniyu s otkhodami, vliyayushchimi na zdorov'e cheloveka* [The experience of the European Union in the regulation of waste management that affects human health]. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e cheloveka: opyt stran Evrosoyuza: materialy nauchno-prakticheskogo seminara* [Environment and Human Health: Experience of the European Union: Proc. of Scientific-Practical Seminar], pp. 57-64. (In Russian).

3 *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu"* [State report "On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018"]. Moscow, Ministry of Natural Resources of Russia; Cadastre, 2019, 844 p. (In Russian).

4 Serdyukova A.F., Barabanshchikov D.A., 2018. *Zagryaznenie okruzhayushchey sredy otkhodami proizvodstv* [Environmental pollution by industrial waste]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], no. 25(211), pp. 28-31. (In Russian).

5 Sauts A.V., Eregina S.V., 2018. *Ochistka i utilizatsiya svalochnykh stochnykh vod i fil'trata* [Purification and utilization of landfill wastewater and filtrate]. *Nauka i prosveshchenie: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya MTSNS* [Science and Education: II International Scientific-Practical Conference ICNS], pp. 14-18. (In Russian).

6 El Aassy I.E., Shabaan D.H., Ibrahim E.M., 2016. Environmental impacts of waste produced from processing of different uraniferous rock samples. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, July, vol. 9, iss. 3, pp. 303-309, DOI: 10.1016/j.jrras.2016.01.005.

7 Ishchenko A.V., Tesalovskaya M.V., 2017. *Issledovanie gidravlicheskikh kharakteristik lokal'nogo pyatna zagryazneniya pri infil'tratsii ego v pochvu i gruntovye vody* [Hydraulic characteristics study of local pollution spots due to their infiltration into the soil and groundwater]. *Innovatsionnoye razvitiye* [Innovative Development], no. 4, pp. 18-22. (In Russian).

8 Sklyarenko E.O., 2007. *Modelirovaniye rasprostraneniya zagryaznennogo potoka iz nakopiteley promyshlennykh otkhodov v gruntovykh vodakh* [Modeling of polluted stream spreading from industrial waste storage facilities in groundwater]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Proc. of Higher Educational Institutions. North Caucasian Region. Series: Engineering Sciences], no. 4, pp. 96-99. (In Russian).

9 Fazzo L., Minichilli F., Santoro M., Ceccarini A., Della Seta M., Bianchi F., Comba P., Martuzzi M., 2017. Hazardous waste and health impact: a systematic review of the scientific literature. *Environ. Health*, vol. 16, DOI: 10.1007/978-3-030-24693-8_4.

10 Solskiy S.V., Kvetnaya I.A., Samofalov D.P., Khaitov R.D., 2001. *Obespechenie zashchity prirodnykh vod v rayonakh razmeshcheniya poligonov tverdykh bytovykh otkhodov* [Ensuring the natural waters protection in areas of solid waste landfills location]. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva* [Bull. VNIIG named after B.E. Vedeneev], vol. 239, pp. 225-236. (In Russian).

11 Silchenko V.F., 2019. *Issledovaniya v oblasti protivofil'tratsionnoy zashchity kanalov, vodoemov i nakopiteley* [Research in the field of anti-seepage protection of canals, reser-

voirs and waste ponds]. *European Science of the Future: sb. nauchnykh trudov po materialam I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [European Science of the Future: Proc. of the I International Scientific-Practical Conference]. Smolensk, Naukosphere Publ., pp. 79-82. (In Russian).

12 Kosichenko Yu.M., Ugrovatova E.G., Baev O.A., 2015. *Obosnovanie raschetnykh zavisimostey fil'tratsionnykh soprotivleniy konstruktivnykh oblitsovok kanalov* [Substantiation of the calculated dependences of seepage resistance of the channel facing structure]. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva* [Bull. VNIIG named after B.E. Vedeneev], no. 278, pp. 35-46. (In Russian).

13 Solskiy S.V., Gordienko S.G., Nikitina N.Ya., Samofalov D.P., 1999. *Metodicheskie osnovy razrabotki tekhnicheskikh resheniy po zashchite prirodnikh vod ot zagryazneniya pri proektirovanii, ekspluatatsii i konservatsii nakopiteley i khranilishch zhidkikh, tverdykh i pastobraznykh otkhodov* [Methodological basis of engineering solutions developed to prevent natural water pollution during design, operation and conservation of liquid, solid and pasty waste storages]. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva* [Bull. VNIIG named after B.E. Vedeneev], vol. 235, pp. 123-137. (In Russian).

14 Solsky S.V., Samofalov D.P., 2003. *Obosnovanie zamknutykh vodooborotnykh sistem pri obustroystve poligonov tverdykh bytovykh otkhodov* [Closed water circulation systems for the arrangement of solid waste dumps]. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva*. [Bull. VNIIG named after B.E. Vedeneev], vol. 242, pp. 175-185. (In Russian).

15 Ishchenko A.V., Silchenko V.F., 2018. *Razrabotka i nauchnoe obosnovanie konstruktivno-tekhnicheskikh resheniy dlya protivofil'tratsionnoy zashchity nakopiteley otkhodov* [Development and scientific substantiation of constructive and technical solutions for anti-filtration protection of waste ponds]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Shumakovskie chteniya) s mezhdunarodnym uchastiem* [Irrigation and Water Industry: Proc. of the All-Russian Scientific Practical Conference (Shumakov readings) with International Participation], pp. 162-167. (In Russian).

16 Sklyarenko E.O., 2007. *Eksperimental'nye issledovaniya protivofil'tratsionnykh i drenaznykh zashchit nakopiteley promyshlennykh otkhodov* [Experimental studies of anti-filtration and drainage protection of industrial waste storage facilities]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Bull. of Higher Schools. North Caucasian Region. Engineering Sciences], no. 5, pp. 71-72. (In Russian).

17 Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2014. *Rekomendatsii po primeneniyu geosinteticheskikh materialov dlya protivofil'tratsionnykh ekranov kanalov, vodoemov i nakopiteley* [Recommendations on the use of geosynthetic materials for impervious screens of canals, reservoirs and waste ponds]. Novocherkassk, 65 p., deposited in VINITI on 12.01.2015, no. 1-V2015. (In Russian).

18 Bandurin M.A., Bandurin V.A., 2013. *Chislennoe modelirovanie ob'emnogo protivofil'tratsionnogo geotekstil'nogo pokrytiya s izmenyaemoy vysotoy rebra* [Numerical modeling of volumetric impervious geotextile cover with variable rib height]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bull. of the Don], vol. 27, no. 4, pp. 46. (In Russian).

19 Bandurin M.A., Yurchenko I.F., 2018. *Obosnovanie ekologo-ekonomicheskoy effektivnosti primeneniya protivofil'tratsionnykh geotekstil'nykh pokrytiy vodoprovodyashchikh sooruzheniy orositel'nykh sistem* [Justification of the ecological and economic efficiency of the use of impervious geotextile coatings for water-conducting structures of irrigation systems]. *Vestnik Yuzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Novocherkasskogo politekhnicheskogo instituta). Seriya: Sotsial'no-ekonomicheskiye nauki* [Bull. of the South Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute). Series: Socio-economic sciences], no. 3, pp. 95-103. (In Russian).

20 Kosichenko Yu.M., Baev O.A., Garbuz A.Yu., 2016. *Otsenka vodopronitsaemosti*

betonoplenochnoy oblitsovki s zakol'matirovannymi shvami pri dlitel'noy ekspluatatsii kanalov [Water permeability assessment of a concrete-foam lining with colmated seams during long-term operation of canals]. *Vestnik MGSU* [Bull. of MGSU], no. 7, pp. 114-133. (In Russian).

Баев Олег Андреевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: Oleg-Baev1@yandex.ru

Baev Oleg Andreyevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: Oleg-Baev1@yandex.ru

Сильченко Виктория Федоровна

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: vika-silchenko@mail.ru

Silchenko Viktoriya Fedorovna

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: vika-silchenko@mail.ru

Поступила в редакцию 07.10.2020

После доработки 17.11.2020

Принята к публикации 27.11.2020