

УДК 504.75+06  
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-1-30-37>

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2020

# Снижение экологических рисков, связанных с водными ресурсами

**Коновалов А. В.\*,  
Коновалов М. А.,**

Ростовский государственный  
университет путей сообщения,  
344038, Россия, г. Ростов-  
на-Дону, пл. Ростовского  
Стрелкового Полка Народного  
Ополчения, д. 2

## Аннотация

Реальное состояние централизованных систем водоподготовки в стране ведет к нерациональному использованию воды питьевого качества для технологических нужд, а соответственно к гидравлическим перегрузкам водоочистных комплексов и росту экологических рисков, связанных с водными ресурсами. В работе предложено принципиально новое техническое решение по очистке воды, приведена информация о результатах последних научных исследований в области анализа и управления рисками, связанных с водными ресурсами, что поможет специалистам данного направления решать реальные проблемы по внедрению инновационных научных разработок и применять научный опыт в практической деятельности по управлению экологическими рисками.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, техническое решение, результаты исследований, снижение экологических рисков.

**Для цитирования:** Коновалов А. В., Коновалов М. А. Снижение экологических рисков, связанных с водными ресурсами // Проблемы анализа риска. Т. 17. 2020. № 1. С. 30—37, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-1-30-37>

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

# Reducing environmental risks associated with water resources

**Anatoliy V. Konovalov\*,  
Maksim A. Konovalov,**  
Rostov State University of  
Railway Transport,  
344038, Russia, Rostov-on-Don,  
pl. Rostov Infantry Regiment The  
people's militia, d. 2

## Annotation

The real state of centralized water treatment systems in the country leads to irrational use of drinking water quality for technological needs, and consequently to hydraulic overloads of water treatment complexes and an increase in environmental risks associated with water resources. The paper offers a fundamentally new technical solution for water treatment, provides information on the results of recent scientific research in the field of analysis and management of risks associated with water resources, this will help specialists in this field to solve real problems in the implementation of innovative scientific developments and apply scientific experience in the practice of environmental risk management.

**Keywords:** risk, water resources, technical solution, research results, reduction of environmental risks.

**For citation:** Konovalov Anatoliy V., Konovalov Maksim A. Reducing environmental risks associated with water resources // Issues of Risk Analysis. Vol. 17. 2020. No. 1. P. 30—37, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-1-30-37>

**The authors declare no conflict of interest**

## Содержание

Введение

1. Суть проблемы
2. Проблемы экологических рисков в системе водоподготовки
3. Поиск технических решений по снижению экологических рисков
4. Технологические исследования

Заключение

Литература

## Введение

Загрязнение окружающей среды вредными выбросами, сбросами и отходами, в большей степени производства, приводит к деградации среды обитания и остается наиболее острой экологической проблемой, приоритетной по социальному и экономическому значению. В настоящее время за рубежом и в России для объективной количественной оценки, сравнения, анализа, управления воздействием загрязнителей различной и разнообразной природы активно внедряется методология рисков.

Предполагаемый риск воздействия определенного по виду загрязнителя опасен вероятностью возникновения у человека или его потомства вредной патологии. Так называемый экологический риск характерен вероятностью возникновения отрицательных изменений в окружающей среде. Он может быть вызван различными ситуациями, в том числе антропогенного и техногенного характера. В данном случае рассматривается возможность снижения

экологических рисков, связанных с водными ресурсами, а также ведется поиск технического решения по их снижению.

## 1. Суть проблемы

Анализ источников информации по экологической обстановке на территории России дает основание утверждать, что ежегодно продолжается процесс сползания к непредсказуемым экологическим ситуациям, их росту. В отдельных регионах опасность достигла уже критического значения, риска технологических катастроф. В связи с этим с 1 января 2019 г. предложены новые требования по экологии [1] для предприятий и организаций, с разграничением их на категории негативного воздействия (с 1 по 4). Конструктивным направлением изменений требований отмечено улучшение взаимодействия наилучших доступных технологий (НДТ) с технологиями промышленных объектов и внедрение передового государственного регулирования, базирующегося на категории риска негативного воздействия, по отношению к конкретным субъектам в зависимости от уровня опасности их деятельности для почвы, воздуха и воды. Согласно Водному кодексу — документу, регулирующему водные отношения в Российской Федерации [2], наибольшую экологическую опасность для человека представляют недостаток кондиционной воды, ее качественные изменения.

## 2. Проблемы экологических рисков в системе водоподготовки

Состояние централизованных систем водоподготовки является одним из основных факторов, ведущих к экологическому риску в процессе получения и подачи воды потребителю. Действующие водоочистные сооружения созданы, как правило, по устаревшим технологическим схемам, рассчитанным для очистки естественных вод с ограниченным количеством техногенных и антропогенных вредных загрязнений. Ситуация значительно усугубляется тем, что низкая степень развития замкнутых систем водоснабжения, несовершенство циклов оборотного водопотребления ведут к нерациональному использованию воды питьевого качества для технологических нужд, а соответственно — к гидравлической перегрузке во-

доочистных комплексов, которые существенно страдают из-за отсутствия полного комплекта установок водоочистки.

Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. [3], к приоритетным направлениям развития водохозяйственного комплекса относятся: совершенствование технологий подготовки питьевой воды и очистки сточных вод; реконструкция, модернизация и новое строительство водопроводных сооружений с меньшей степенью возможных рисков; внедрение новых технологий водоочистки; модернизация промышленных предприятий и внедрение оборотного водоснабжения в технологические схемы.

## 3. Поиск технических решений по снижению экологических рисков

Обзор известных в науке и технике решений проблемы очистки воды [4] показывает, что доминирующими элементами в процессе водоподготовки на очистных сооружениях являются песчаные фильтры, в основном скорые — с зернистой загрузкой различных модификаций. Но резервы таких фильтров ограничены за счет низкой удельной производительности на единицу рабочего объема (порядка  $1,5\text{—}3,0 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^3)$ ) и, следовательно, высоких расходов на строительство и эксплуатационные затраты.

В итоге появилось основание для создания комплекса инженерных решений с использованием результатов проведенных научных исследований, доведенных до стадии разработки конструкторской документации и введенных в эксплуатацию опытно-промышленных образцов на базе новых технологий хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоотведения, до максимума снижающих появление экологических рисков.

В основу разработок очистных устройств различного функционального назначения вошел вертикальный напорный фильтр, который является альтернативой для фильтра с зернистой загрузкой. Его принципиальное отличие — горизонтально расположенная поверхность фильтрации в фильтре с зернистой загрузкой в данном фильтре повернута на  $90^\circ$ , т. е. расположена вертикально [5].

Поиск решений по компактности фильтра позволил предложить принципиально новое техническое

решение фильтровального элемента, собранного в пакет из секций пластинчатого типа квадратного сечения с перекрестным направлением потоков жидкости (рис. 1). Основные конструктивные параметры такого фильтра: ширина —  $l_f$ , высота —  $H_{ф.э.}$ . Предлагается два варианта корпуса фильтра для размещения в них фильтровальных элементов пластинчатого типа (см. рис. 1а, б). В обоих вариантах все четыре угла пакета 3, будучи связаны с корпусом 1, позволяют образовать с помощью уплотнения 2 по две взаимно противоположных изолированных камеры, т. е. две входные и две выходные.

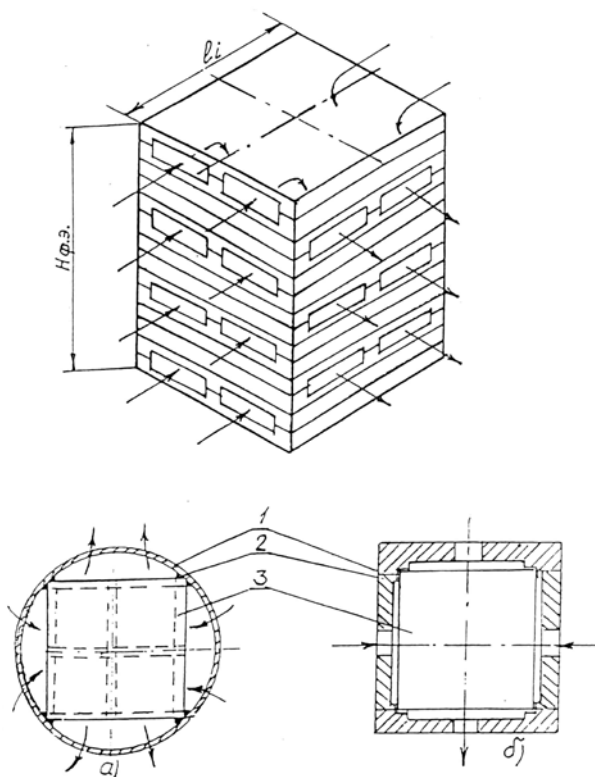


Рис. 1. Фильтровальный элемент, собранный в пакет из секций пластинчатого типа квадратного сечения с перекрестным направлением потоков жидкости; а), б) — схемы пакетного монтажа фильтровального элемента из плоских прямоугольных секций: 1 — корпус; 2 — уплотнение; 3 — пакет фильтровальных элементов

Figure 1. Filter element assembled in a package of square-section plate-type sections with cross-direction of liquid flows; а), б) — schemes for batch mounting of a filter element from flat rectangular sections: 1 — housing; 2 — seal; 3 — package of filter elements

Все секции такого фильтровального элемента представляют собой квадрат со стороной  $b$  и высотой  $h$ . По обе стороны пластины взаимно перпендикулярно размещены сквозные каналы прямоугольного сечения глубиной  $h_1$  (рис. 2). Фильтровальный элемент собирается из указанных пластин взаимным склеиванием вдоль ребер шириной  $b_1$ . Данная конструкция задает направление движущегося потока фильтруемой жидкости на две противоположные поверхности фильтровального элемента: фильтрация через пористую перегородку и выход с поворотом на  $90^\circ$  через вторую пару его поверхности.

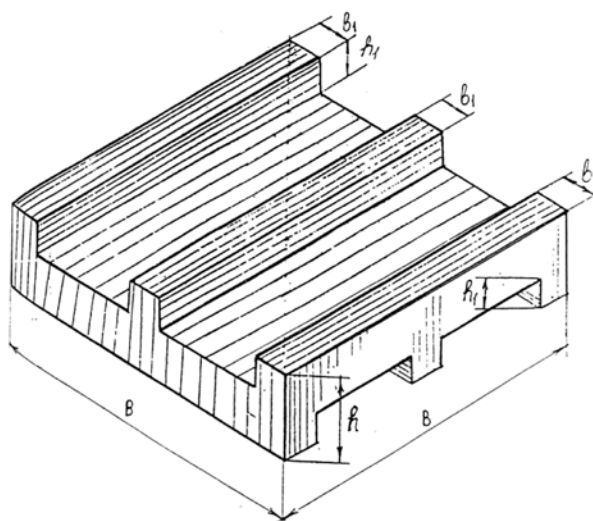


Рис. 2. Секция пластинчатого типа квадратного сечения

Figure 2. Square section plate type Section

Разработанная конструкция фильтровального элемента, выполненного в виде пакета высотой  $h$ , позволяет рассматривать его как модуль и обеспечивать реализацию блочно-модульного принципа компоновки фильтров. Модули могут быть одинаковыми либо различными по структуре фильтровальных материалов, т. е. изготовлены из заполнителя разных или одинаковых фракций. По высоте и сечению блока модули строго одинаковые. Желаемое квадратное сечение секции допускает достаточно легкую компоновку модулей в блоке необходимой комбинации.

#### 4. Технологические исследования

Технологические исследования работы вертикальных фильтров, собранных из секций пластинчатого типа, проводились на экспериментальной установке, схема которой представлена на рис. 3. Установка позволяет провести исследования фильтров при параллельном и последовательном включении.

Тарировка дроссельных шайб проводится весовым способом. Задавшись рядом значений  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ , ...,  $\Delta P_n$ , с помощью мерной емкости и секундомера определялись расходы  $Q_1$ ,  $Q_2$ , ...,  $Q_n$ , соответствующие величинам  $\Delta P_n$ . Величины  $\Delta P_n$  устанавливались с помощью открытия вентиля В11, В8.

По результатам тарировки дроссельных шайб построены графики зависимости  $Q = f(\Delta P)$  для каждой из дроссельных шайб (рис. 4).

Перед промывкой фильтров  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  насосы Н1, Н2 отключались, а все вентили закрывались. В процессе промывки фильтров последовательно открывались вентили В7, В9, В12, В13, В14. Время промывки занимало 10—15 минут. Через каждые 10 часов работы установки, при различных режимах работы фильтров, брались пробы воды на входе в фильтры (вентиль В15) и на выходах из дроссельных шайб ДР1, ДР2. Перепады давлений на фильтре  $\Phi_1$  измерялись с помощью манометров М1, М2, а на фильтре  $\Phi_2$  с помощью манометров М3, М4. Манометр М7 фиксировал давление во всасывающей магистрали. Выполняются анализы проб фильтрованной воды на мутность для каждого замера, при  $Q = 0,33$  л/с и  $Q = 1,0$  л/с представлены в виде графиков (рис. 5).

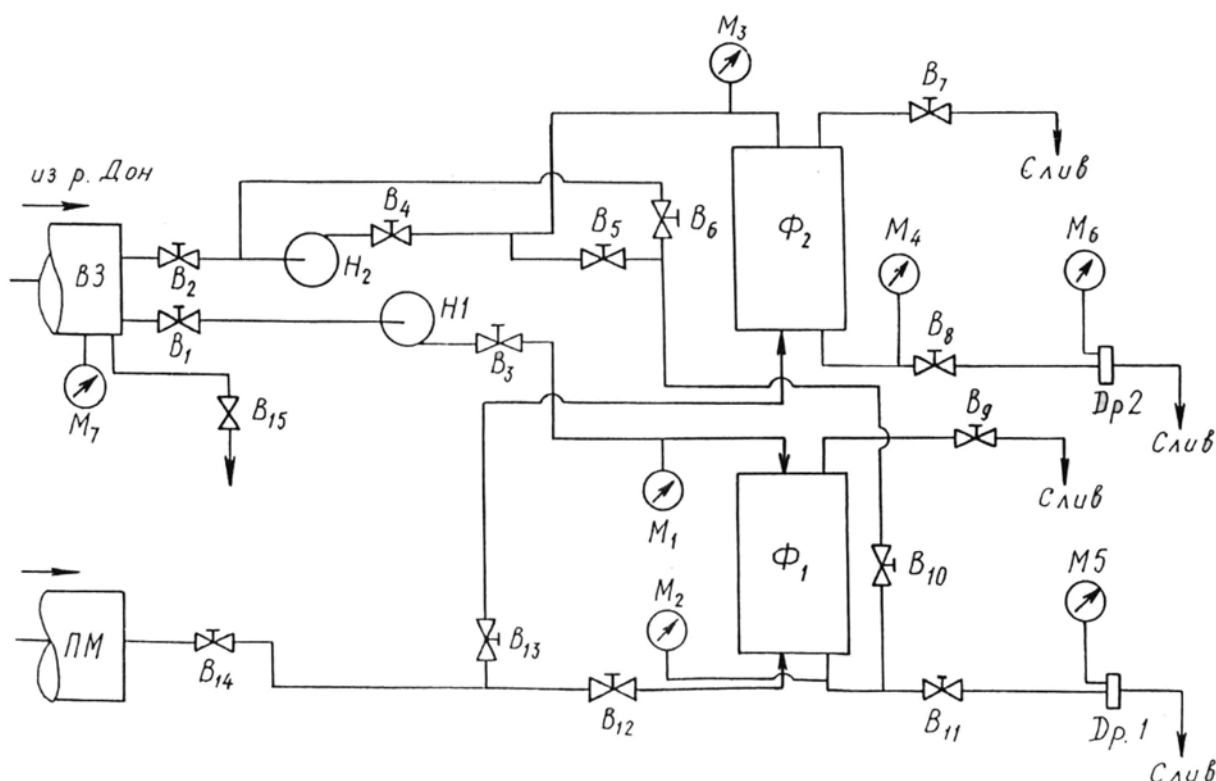


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: фильтры  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , с плоскими горизонтальными фильтровальными элементами; водозабор ВЗ, врезанный во всасывающую магистраль насосной станции; центробежные насосы Н1, Н2; вентили В1—В13; манометры М1—М7; дроссельные шайбы Др1, Др2; промывная магистраль ПМ

Figure 3. Diagram of the experimental installation: filters  $\Phi_1$  and  $\Phi_2$ , with flat horizontal filter elements; water intake ВЗ, embedded in the suction line of the pumping station; centrifugal pumps Н1, Н2; valves В1—В13; pressure gauges М1—М7; throttle washers Др1, Др2; washing line ПМ.

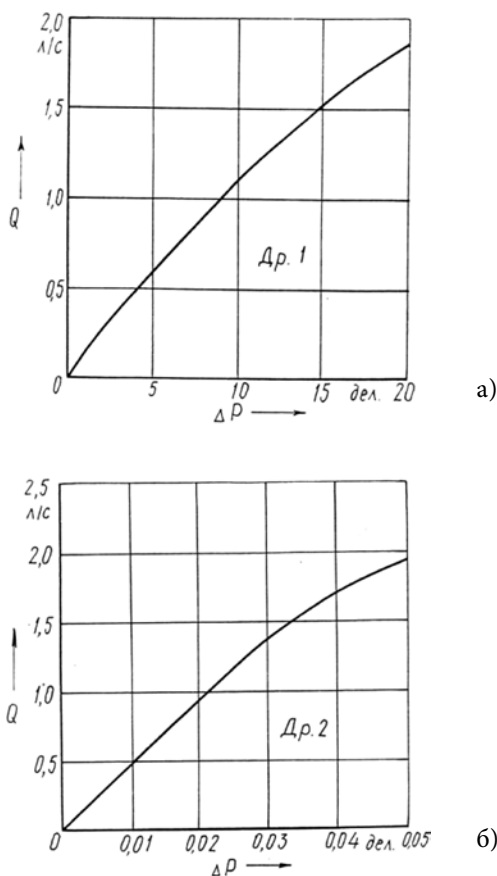
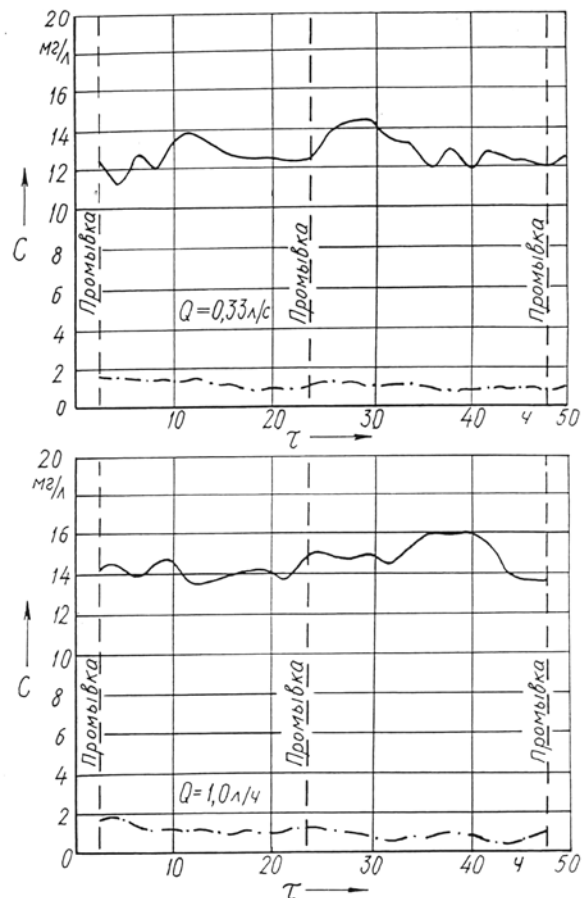


Рис. 4. Зависимость  $Q = f(\Delta P)$  для дроссельной шайбы: а) Др<sub>1</sub>; б) Др<sub>2</sub>

Figure 4. Dependence for the throttle washer: а) Dr<sub>1</sub>; б) Dr<sub>2</sub>

Из графиков видно, что данные фильтры снижают мутность воды в 7—8 раз.

Накопленные за многие годы теоретические и экспериментальные исследования, результаты опытной эксплуатации разработанных модификаций фильтров подтвердили их достоинства в сравнении с традиционными фильтрами с зернистой загрузкой. Основой достоинств вертикальных фильтров, собранных из секций пластинчатого типа, являются их принципиальные отличия по структуре и параметрам пористой среды. Следует отметить, что для обоих типов фильтров активный слой, где происходит адсорбирование механических взвесей, составляет 2—3 см. Однако для удержания этого слоя в фильтрах с зернистой



—  $C$  — мутность воды до фильтрования;  
 - - -  $C$  — мутность воды после фильтрования

Рис. 5. Результаты исследований фильтрования на мутность:  $C$ , мг/л — мутность воды;  $Q$ , л/с — расход воды;  $\tau$  — время

Figure 5. Results of filtration studies for turbidity:  $C$ , mg/l — water turbidity;  $Q$ , l/s — water consumption;  $\tau$  — time

загрузкой дополнительно необходим поддерживающий слой из зерен более крупной фракции толщиной более 0,45—0,5 м [5]. В исследуемых фильтрах (так же как и в металлокерамических) такой слой не требуется, в объеме фильтровальной перегородки зерна жестко связаны между собой. Сама же фильтровальная перегородка может иметь любую конструкцию и любое расположение, в т. ч. и вертикальное. В подобном сочетании на горизонтальной площадке возможно размещение пластинчатых фильтровальных перегородок,

суммарная площадь фильтрования которых будет превышать площадь сечения самого фильтра почти в 60 раз при одной и той же скорости фильтрования, например, для скорых фильтров  $v = 5,0$  м/ч. Производительность  $Q_{\phi}$  таких фильтров возрастет пропорционально поверхности фильтрования  $F_{\phi}$ .

## Заключение

По итогам исследований внедряемых на различных предприятиях образцов таких фильтров к их существенным достоинствам можно отнести:

- снижение степени риска благодаря внедрению новой конструкции фильтра;
- увеличение производительности более чем в 10 раз;
- уменьшение стоимости фильтра, по производительности, более чем в 12 раз;
- снижение эксплуатационных расходов в 5—6 раз;
- увеличение фильтровального цикла минимум в 3—5 раз;
- степень механической очистки (по мутности) достигла 70–80%;
- срок эксплуатации без замены фильтровальных элементов более 5 лет.

Таким образом, выполнена основная задача — дана информация о результатах последних научных исследований в области анализа и управления рисками, связанных с водными ресурсами, что поможет специалистам данного направления решать реальные проблемы по внедрению инновационных научных разработок и применять научный опыт в практической деятельности управления экологическими рисками:

- в чрезвычайных ситуациях;
- при обеспечении безопасности жизнедеятельности населения;
- при обеспечении глобальной и региональной безопасности; защите окружающей среды;
- при построении и совершенствовании систем управления рисками в организациях и на предприятиях различных отраслей экономики.

## Литература [References]

1. ФЗ № 7 от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» на основании ФЗ № 219 от 21 июля 2014 г. (с изменениями на 25 декабря 2018 г.) [Federal Law No. 7 of January 10, 2002 "About environmental protection" on the basis of Federal Law No. 219 of July 21, 2014 (with changes for December 25, 2018) (Russia).]
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ. Редакция от 27.12.2018. Последняя действующая редакция с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.07.2019. Документы РФ <https://dokumenty24.ru/vodnyi-kodeks.html> [Water Code of the Russian Federation No. 74-ФЗ of 03.06.2006. Revision dated 27.12.2018. The last active version with amendments and additions entered into force from 01.07.2019 Documents of the Russian Federation <https://dokumenty24.ru/vodnyi-kodeks.html> (Russia).]
3. Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350 «О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012—2020 годах"» [Resolution of the Government of the Russian Federation of April 19, 2012 № 350 "On the federal target program "Development of the water complex of the Russian Federation in 2012—2020" (Russia).]
4. Коновалов А.В. Магистерская диссертация на тему: «Исследование условий труда и разработка мероприятий по их улучшению для работников пассажирского вагонного депо ЛВЧД-24 г. Минеральные Воды» [Konovalov A.V. Master's Thesis on "Study of Working Conditions and Development of Measures for their Improvement for Employees of Passenger Car Depot LVChD-24 Mineral Waters" (Russia).]
5. Коновалов А.В. Теория и практика использования скорых напорных вертикальных фильтров для повышения эффективности очистки воды: Монография / А.В. Коновалов, М.А. Коновалов. ФГБОУ ВО РГУПС. Ростов н/Д, 2016. 104 с. [Konovalov, A.V. Theory and practice of using fast pressure vertical filters to increase efficiency of water purification: Monograph / A.V. Konovalov, M.A. Konovalov. FSBOU V RGUPS. Rostov n/D, 2016. 104 p. (Russia).]

## Сведения об авторах

**Коновалов Анатолий Васильевич:** кандидат технических наук, доцент, кафедра «Безопасность жизнедеятельности», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

Количество публикаций: 78, в т. ч. 23 учебно-методические работы

Область научных интересов: экология, безопасность жизнедеятельности, гидравлика и гидрология, охрана водного бассейна, безопасность технологических процессов

*Контактная информация:*

Адрес: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2

Тел.: +7 (863) 272-63-11

E-mail: a-v-k-57@mail.ru

**Коновалов Максим Анатольевич:** аспирант Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС)

Количество публикаций: 20, в т. ч. 5 учебно-методических работ

Область научных интересов: экологическая безопасность

*Контактная информация:*

Адрес: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2

Тел.: +7 (928) 198-18-25

E-mail: Maxipad2013@yandex.ru

---

Дата поступления: 26.08.2019

Дата принятия к публикации: 07.02.2020

Дата публикации: 28.02.2020

***Came to edition: 26.08.2019***

***Date of acceptance to the publication: 07.02.2020***

***Date of publication: 28.02.2020***