

Научная статья

УДК 621.65:637.1.02

DOI 10.46845/1997-3071-2022-67-11-20

Содержание тяжелых металлов в реках Калининградской области

Евгений Валерьевич Валл¹, Наталья Равиловна Ахмедова²

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹wall_ewgen@mail.ru

²isfendi@mail.ru

Аннотация. Тяжелые металлы (ТМ) занимают лидирующее место в ряду загрязнителей рек, ручьев, каналов, озер, а также грунтовых вод. ТМ в больших количествах оказывают негативное влияние на живые организмы. Их распространение происходит достаточно быстро и приводит к деградации водного объекта. В настоящей работе представлены результаты исследования восьми рек, имеющих рыбохозяйственную категорию. Изучаемые водотоки протекают по территории Гусевского, Черняховского, Озерского, Нестеровского и Славского районов Калининградской области. Мониторинг выполнялся в соответствии с требованиями нормативных документов, регламентирующих данный вид работ. Пробы отбирались с верхнего горизонта в период летней межени, исследовалось содержание в них тяжелых металлов, таких как железо, свинец, кадмий, медь, никель. Определены основные источники антропогенного воздействия в бассейнах изучаемых рек. После проведения обработки результатов лабораторных анализов воды было установлено, что превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) железа наблюдается во всех исследуемых створах, по кадмию – отсутствует. В пробе, отобранной в створе р. Осы, выявлено повышенное содержание свинца и меди, в пробах воды р. Красной, Русской, Голубой есть превышения ПДК по содержанию никеля и меди, а р. Путиловки – по содержанию меди. Корреляционный анализ показал, что значимого уровня стохастической связи между концентрациями тяжелых металлов не наблюдается (кроме Cu и Cd; Cu и Ni), это свидетельствует о разных источниках поступления ТМ в исследуемые водные объекты.

Ключевые слова: водоток, тяжелые металлы, поверхностные воды, Калининградская область

Для цитирования: Валл Е. В., Ахмедова Н. Р. Содержание тяжелых металлов в реках Калининградской области // Известия КГТУ. 2022. № 67. С. 11–20. DOI: 10.46845/1997-3071-2022-67-11-20.

Original article

Content of heavy metals in the rivers of the Kaliningrad region

Evgeniy V. Vall¹, Natalia R. Akhmedova²

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹wall_ewgen@mail.ru

²isfendi@mail.ru

Abstract. Heavy metals (HM) occupy leading positions among the pollutants of rivers, streams, channels, lakes, as well as groundwater. In large quantities, HM have a negative impact on living organisms. Their spread occurs quite quickly and leads to degradation of the water body. This paper presents the results of a study of eight water bodies having a commercial category. The studied watercourses flow through the territory of Gusevsky, Chernyakhovsky, Ozersky, Nesterovsky and Slavsky districts of the Kaliningrad region. All studies have been carried out in accordance with the requirements of the documents regulating this type of work. Samples have been taken from the upper horizon during the summer autumn, the content of heavy metals such as iron, lead, cadmium, copper, nickel has been studied. The main sources of anthropogenic impact in the basins of the studied rivers have been determined. After processing the results of laboratory studies of water, it has been found that exceedances of the maximum permissible concentrations (MPC) of iron can be observed in all the studied sites; there has been no excess of the MPC for cadmium; in a sample taken in the alignment of the Osa river an increased content of lead and copper has been found; in the water samples of the Krasnaya, Russkaya, Golubaya rivers there are exceedances of MPC in nickel and copper content; excess of MPC in copper content has been found in the sample of the Putilovka river. Correlation analysis shows that there is no significant level of stochastic relationship between the concentrations of heavy metals (except for Cu and Cd; Cu and Ni), this indicates different sources of HM intake into the studied water bodies.

Keywords: watercourse, heavy metals, surface waters, Kaliningrad region

For citation: Vall E. V., Akhmedova N. R. Content of heavy metals in the rivers of the Kaliningrad region. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022; (67):11–20. (In Russ). DOI: 10.46845/1997-3071-2022-67-11-20.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время серьезному антропогенному воздействию подвергаются различные экологические системы, в том числе и водные. Анализ результатов многочисленных исследований качества водных ресурсов позволяет сделать вывод о том, что на живые организмы ТМ оказывают значительное воздействие. По степени опасности, объемам и темпам поступления в водные объекты они занимают среди загрязнителей одно из первых мест, что позволяет поставить их в один ряд с пестицидами, бытовыми и промышленными отходами (см. [1–3] и библиографию в них).

Влияние загрязняющих воду веществ на биоту проявляется на всех уровнях биологической организации. Значительность воздействия ТМ на биоту зависит от их концентрации, температуры, насыщенности воды кислородом, продол-

жительности действия и других факторов. ТМ, попадая в водные объекты в значительном объеме, депонируются в иловых отложениях, поступают в пищевые цепи и через них переходят в другие компоненты природной среды. Повышенная концентрация ТМ в воде приводит к снижению видового разнообразия живых организмов в реке. В конечном счете, происходит регресс среды обитания экосистем (см. [2, 3] и библиографию в них).

Цель данной работы – оценить содержание ТМ в поверхностных водах водотоков, протекающих по территориям Калининградской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования были выбраны восемь рек, расположенных в различных районах Калининградской области.

Река Голубая (АУ) протекает по Гусевскому, Черняховскому и Озерскому районам региона. Ее устье находится в 102 км от устья р. Преголи по левому берегу у пос. Сиреневка в координатах: 54°38'00" с. ш., 21°31'42" в. д. Длина реки – 59 км, площадь водосборного бассейна – 564 км².

Характеристики русла реки в месте отбора проб на момент исследований: ширина – 6,3, глубина – до 0,27 м, грунт дна – галечно-песчаный.

Основными источниками антропогенного воздействия в бассейне р. Голубой являются предприятия: сельскохозяйственные, деревообрабатывающие, а также по производству хлебобулочных изделий, мебели, металлоизделий, картонных гильз.

Река Анграпа (АН) – трансграничный водоток, протекающий по территории Республики Польша и Калининградской области, является притоком р. Писсы. Длина р. Анграпы составляет 169 км от истока до устья, площадь водосбора – 3960 км², среднегодовой расход воды колеблется в районе 14,5 м³/с. Анграпа берет начало на территории Республики Польша из оз. Мамры. Исток находится на высоте 115,8 м в районе польского г. Венгожево. Анграпа пересекает границу России, протекает по территории Озерского, Гусевского и Черняховского районов. Координаты устья: 54°38'52" с. ш., 21°47'28" в. д.

Характеристики русла реки в месте отбора проб на момент исследований: ширина – 18, глубина – до 2 м, грунт дна – галечно-песчаный.

Основными источниками антропогенного воздействия в бассейне р. Анграпы являются предприятия: сельскохозяйственные и по производству минеральных удобрений, мясной продукции, рыбных консервов, по сборке сложной бытовой техники, производству мебели и пластиковых окон и дверей.

Река Оса (О) протекает по территории Славского и Черняховского районов Калининградской области. Длина ее составляет 38 км, площадь водосбора – 98,1 км². Исток реки находится в районе пос. Калужского в Черняховском городском округе. Она является левобережным притоком р. Ржевки, ее устье расположено в 6 км к югу от пос. Гастеллово, в 17 км от устья р. Ржевки в координатах: 54°57'54" с. ш., 21°31'42" в. д.

Характеристики русла р. Осы в месте отбора проб на момент исследований: ширина 5–7, глубина – 0,7 м, грунт дна – песчано-мелкогалечный.

Река Прямая (ОС) протекает по территории Славского района, ее устье находится по левому берегу р. Бударки, координаты: 54°58'24" с. ш., 21°35'00" в. д. Длина реки 19 км, площадь водосбора составляет 57,2 км².

Характеристики русла р. Прямой в месте отбора проб на момент исследований: ширина 2, глубина – 1,2 м, грунт дна – черный ил.

Основными источниками антропогенного воздействия в бассейне р. Прямой и Осы являются предприятия: сельскохозяйственные и по производству мясоколбасных и хлебобулочных изделий, ремонту тракторных двигателей и электродвигателей, специализирующиеся на изготовлении средств защиты окон от света (гардины, шторы, ставни) и предметов домашнего обихода.

Река Красная – трансграничная река, протекающая по территории Республики Польша и Гусевского, Нестеровского и Озерского районов Калининградской области. Длина реки 83 км, площадь водосборного бассейна – 548 км². Она впадает в р. Писсу по левому берегу в 41 км от устья, в координатах: 54°35'21" с. ш., 22°12'58" в. д. Ширина в створе порядка 14, средняя глубина – 1,2 м. Русло водотока естественное, каменистое, с некоторыми неровностями дна и берегов, пойма покрыта деревьями, дно каменисто-галечное.

Река Русская протекает по территории Гусевского и Нестеровского районов Калининградской области. Ее длина составляет 31 км, площадь водосбора – 235 км². Начинается она западнее пос. Пугачево, является левобережным притоком р. Писсы. Устье р. Русской расположено в районе пос. Подгоровка, в 49 км от устья р. Писсы, в координатах: 54°35'36" с. ш., 22°18'56" в. д. Ширина в створе порядка 8, средняя глубина – 0,8 м. Русло водотока на день обследования заросло травой, воды в нем не было. Склоны русла высокие, покрыты кустарником, грунт, слагающий русло, суглинистый.

Основными источниками антропогенного воздействия в бассейне р. Русской и Красной являются 14 коллективных сельскохозяйственных предприятий, 19 фермерских хозяйств и более 3 тыс. личных подсобных.

Река Путиловка (ШВ) – река, протекающая по территории Республики Польша и Калининградской области, впадает в Мазурский канал (в координатах: 54°29'45" с. ш., 21°11'36" в. д.) недалеко от его собственного устья – р. Лавы (до строительства канала Путиловка сама была притоком Лавы). Длина реки составляет 58 км, площадь водосбора – 659 км². Ширина в створе порядка 15, средняя глубина – 1,5 м. Русло водотока на день обследования заросло травой, воды в нем не было. Склоны русла высокие, покрыты кустарником, грунт, слагающий русло, песчаный.

Река Правда (МЛ) – трансграничный водоток, протекает по территории Республики Польша и Калининградской области, приток р. Лавы. Длина реки составляет 26,1 км, площадь водосборного бассейна – 143 км². Ширина в створе порядка 12, средняя глубина – 1,2 м. Русло водотока сравнительно чистое, с некоторыми неровностями дна и берегов, пойма занята высокими деревьями, уровень воды ниже ветвей, грунт, слагающий русло, песчаный.

Основными источниками антропогенного воздействия в бассейне р. Путиловки и Правды являются сельскохозяйственные предприятия, маслосыродельный завод, на его долю приходится 73 % общего объема продукции всех обрабатывающих производств, в том числе производство сырокопченых колбас и деликатесной продукции [4–6].

Пробы воды для исследования отбирались в период летней межени 2021 г. в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 17.1.5.05-85, РД 52.24.309-2016. На рис. 1 представлена схема расположения мест отбора проб воды.

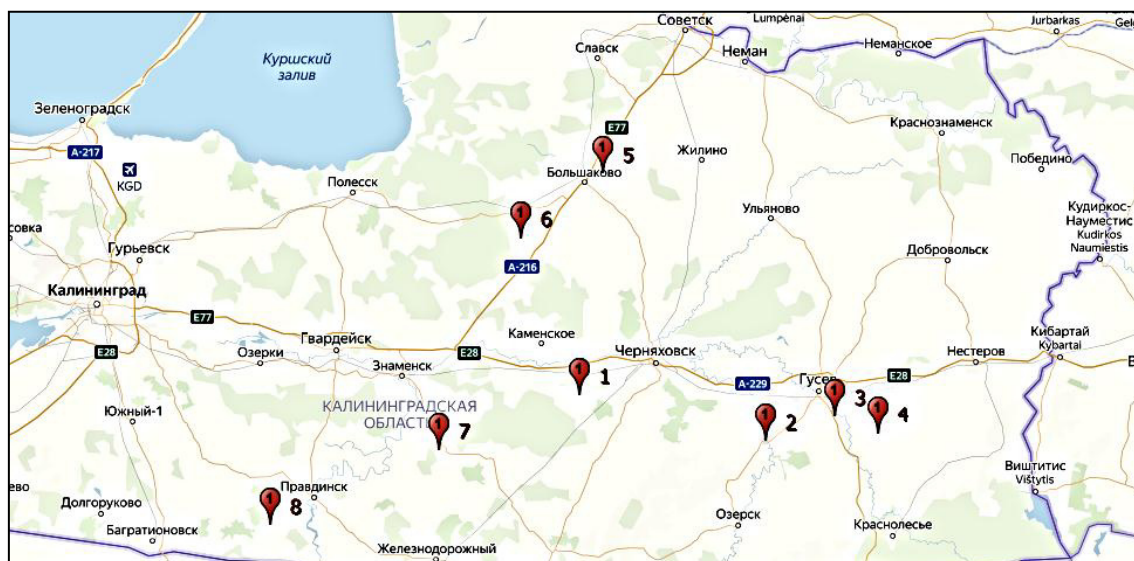


Рис. 1. Схема расположения створов для отбора проб:

1 – р. Красная; 2 – р. Русская; 3 – р. Голубая; 4 – р. Анграпа; 5 – р. Оса;
6 – р. Прямая; 7 – р. Путиловка; 8 – р. Правда

Fig. 1. Layout of the sampling stations:

1 – Krasnaya river; 2 – Russkaya river; 3 – Golubaya river; 4 – Angrapa river;
5 – Osa river; 6 – Pryamaya river; 7 – Putilovka river; 8 – Pravda river

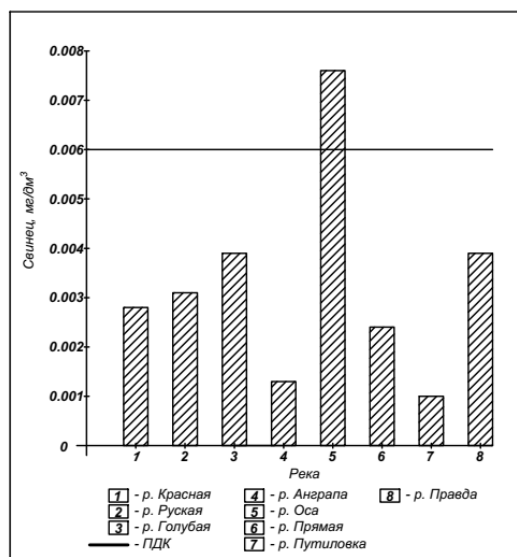
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определений концентрации ТМ (Fe, Pb, Cd, Cu, Ni) представлены в табл. 1. Пробы, в которых наблюдалось превышение ПДК, в табл. 1 выделены темным фоном.

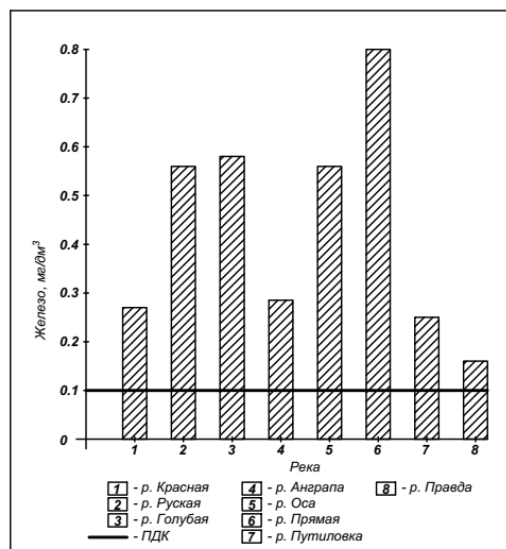
Таблица 1. Результаты исследования проб

Table 1. Sample study results

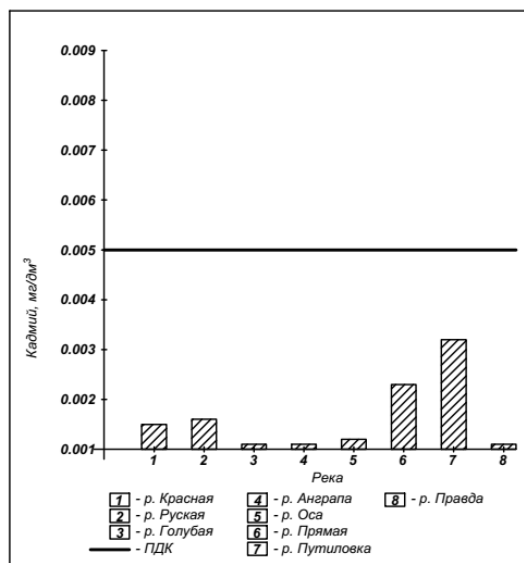
Название реки	Железо, мг/дм ³	Свинец, мг/дм ³	Кадмий, мг/дм ³	Медь, мг/дм ³	Никель, мг/дм ³
Красная	0,27	0,0028	0,0015	0,0029	0,018
Русская	0,56	0,0031	0,0016	0,0080	0,011
Голубая	0,58	0,0039	0,0011	0,0058	0,022
Анграпа	0,285	0,0013	0,0011	0,00063	0,0091
Оса	0,56	0,0076	0,0012	0,002	0,0053
Прямая	0,80	0,0024	0,00023	0,0006	0,0035
Путиловка	0,25	0,0010	0,00032	0,001	0,0059
Правда	0,16	0,0039	0,0011	0,0006	0,0047
Концентрация: Диапазон	0,16–0,80	0,0010– 0,0076	0,0011– 0,0016	0,0006– 0,008	0,0035– 0,022
ПДК	0,1	0,006	0,005	0,001	0,01



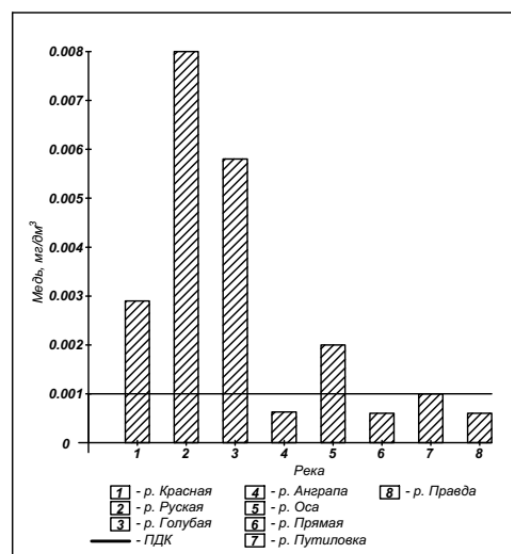
a



b

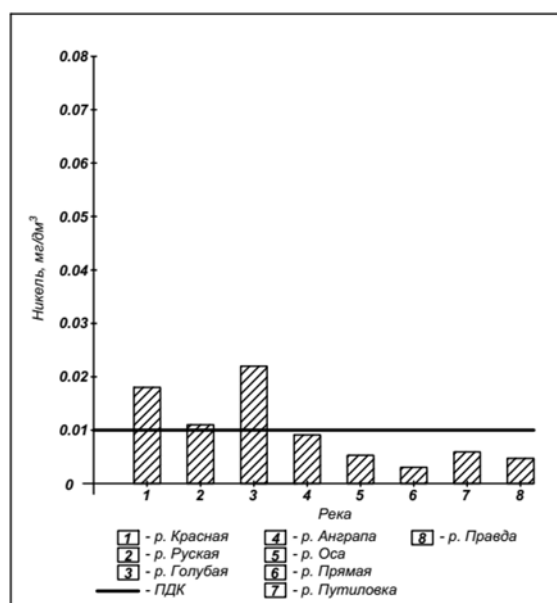


c



d

Рис. 2. Результаты исследования проб:
a – свинец; b – железо; c – кадмий; d – медь; e – никель
Fig. 2. Sample study results:
a – lead; b – iron; c – cadmium; d – copper; e – nickel



e

Рис. 2. Окончание
Fig. 2. End

Таким образом, превышения допустимых концентраций по железу (кратность 8ПДК) отмечены для поверхностной воды всех исследуемых водотоков. Такое превышение предположительно связано не только с воздействиями антропогенного характера, но и с факторами природного происхождения, в том числе очень высокой заболоченностью водосборов.

В пробах воды р. Осы имеются превышения ПДК по свинцу (1,3ПДК) и меди (2ПДК). Превышения ПДК по меди (в диапазоне от 1ПДК до 8ПДК) наблюдались в р. Красной, Русской, Голубой, Осе и Путиловке, а по содержанию никеля – в реках Красной (1,8ПДК), Русской (1,1ПДК), Голубой (2,2ПДК).

Корреляционный анализ (табл. 2) показал, что значимого уровня стохастической связи между концентрациями тяжелых металлов не наблюдается (кроме Cu и Cd; Cu и Ni), что может свидетельствовать о разных источниках поступления металлов в водотоки.

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа основных ТМ в воде исследуемых водотоков

Table 2. Results of correlation analysis of the main heavy metals in the water of the studied watercourses

ТМ	Железо	Свинец	Кадмий	Медь	Никель
Железо	–	0,29	– 0,21	0,33	–0,006
Свинец		–	0,37	0,16	– 0,03
Кадмий			–	0,61	0,51
Медь				–	0,62
Никель					–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Во всех пробах воды есть превышения ПДК по содержанию железа. Это связано в первую очередь с действием природных факторов: грунтовым питанием рек, заболоченностью водосборов.
2. Превышений ПДК по кадмию в исследуемых створах не выявлено.
3. Повышенное содержание свинца (1,3ПДК) обнаружено только в пробе, отобранной в створе р. Осы.
4. В пробах воды р. Красной, Русской, Голубой есть превышения ПДК по содержанию никеля и меди, а в створах р. Осы и Путиловки – по содержанию меди.
5. Корреляционный анализ не выявил значимый уровень стохастической связи между содержанием тяжелых металлов в исследуемых водных объектах.

Список источников

1. Будников Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 23–29.
2. Состояние природной среды Беларуси. Экол. бюл. 2006 г. / под ред. В. Ф. Логинова. Минск: Минсктиппроект, 2007. 366 с.
3. Соромотин А. В. Фоновое содержание тяжелых металлов в воде малых рек Надым-Пуровского междуречья // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 2. С. 48–55.
4. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (российская часть в Калининградской области). URL: http://www.nord-west-water.ru/upload/information_system_18/1/2/4/item_12405/property_value_5074.pdf (дата обращения: 01.02.2022).
5. Схема бассейнов рек. URL: <https://istok39.ru> (дата обращения: 01.02.2022).
6. Паспорта муниципальных образований. URL: <https://investinkaliningrad.ru/investoru/spravochnik-investora/pasporta-munitsipalnykh-obrazovaniy/> (дата обращения: 01.02.2022).
7. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 № 552. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Введ. 2016-12-13. Москва, 2016. 151 с.
8. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 443 с.
9. Янин Е. П. Тяжелые металлы в малой реке в зоне влияния промышленного города. Москва: ИМГРЭ, 2003. 90 с.

References

1. Budnikov G. K. Tyazhelye metally v ekologicheskom monitoringe vodnykh system [Heavy metals in environmental monitoring of water systems]. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*, 1998, no. 5, pp. 23–29.
2. *Sostoyanie prirodnoy sredy Belarusi* [State of the natural environment of Belarus]. Ekol. byul. 2006 g. Minsk, Minsktippiroekt, 2007, 366 p.
3. Soromotin A. V. Fonovoe sodержanie tyazhelykh metallov v vode malyykh rek Nadym-Purovskogo mezhdurech'ya [Background content of heavy metals in the water of small rivers of the Nadym-Purovsky interfluvies area]. *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, 2019, no. 2, pp. 48–55.
4. Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob"ektov bas-seyna reki Neman i rek basseyna Baltiyskogo morya (rossiyskaya chast' v Kali-ningradskoy oblasti) [Scheme of integrated use and protection of water bodies of the basin of the Neman river and the rivers of the Baltic Sea basin (the Russian part in the Kaliningrad region)]. Available at: http://www.nord-west-water.ru/upload/information_system_18/1/2/4/item_12405/property_value_5074.pdf (Accessed 01 February 2022).
5. Skhema basseynov rek [Scheme of river basins]. Available at: <https://istok39.ru> (Accessed 01 February 2022).
6. Pasporta munitsipal'nykh obrazovaniy [Passports of municipalities]. Available at: <https://investinkaliningrad.ru/investoru/spravochnik-investora/pasporta-munitsipalnykh-obrazovaniy/> (Accessed 01 February 2022).
7. Prikaz Ministerstva sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 13.12.2016 № 552. Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya. Moscow, 2016, 151 p. (In Russian).
8. Alyokin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970, 443 p.
9. Yanin E. P. *Tyazhelye metally v maloy reke v zone vliyaniya promyshlennogo goroda* [Heavy metals in a small river in the zone of influence of an industrial city.]. Moscow, IMGRE Publ., 2003, 90 p.

Информация об авторах

Е. В. Валл – аспирант кафедры техносферной безопасности и природообустройства

Н. Р. Ахмедова – кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и природообустройства

Information about the authors

E. V. Vall – postgraduate student of the Department of Technosphere Safety and Environmental Engineering

N. R. Akhmedova – PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Environmental Engineering

Статья поступила в редакцию 07.02.2022; одобрена после рецензирования 17.02.2022; принята к публикации 13.07.2022.

The article was submitted 07.02.2022; approved after reviewing 17.02.2022; accepted for publication 13.07.2022.