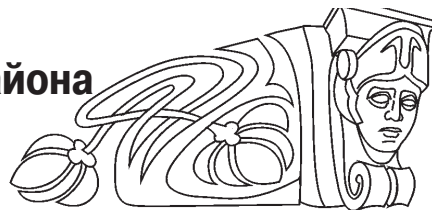




Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 33–43
Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 33–43

Научная статья
УДК 504.4.054
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-33-43>

Оценка геоэкологического состояния поверхностных водотоков Славского района Калининградской области (летний гидрологический сезон)



Ю. А. Спирин[✉], С. И. Зотов

Балтийский федеральный университет имени И. Канта, Институт природопользования, территориального развития и градостроительства, Россия, 236022, г. Калининград, ул. Зоологическая, д. 2

Спирин Юрий Александрович, аспирант, spirin1234567890@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-9666>

Зотов Сергей Игоревич, доктор географических наук, профессор, zotov.prof@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6509-7398>

Аннотация. Проведена оценка геоэкологического состояния поверхностных водотоков Славского района Калининградской области в летний гидрологический сезон. Осуществлен выбор водотоков для исследования, которые, в совокупности характеризуют речную сеть Славского района в целом. В качестве таковых рассмотрены: р. Злая, р. Шлюзовая, р. Немонинка и р. Оса. Отобраны пробы воды для гидрохимического анализа и измерены гидрометрические характеристики рек. В результате исследования получена информация о состоянии водотоков и влиянии на них антропогенных и природных факторов.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка, гидрохимический анализ воды, реки Калининградской области, мониторинг водотоков, загрязнение воды

Для цитирования: Спирин Ю. А., Зотов С. И. Оценка геоэкологического состояния поверхностных водотоков Славского района Калининградской области (летний гидрологический сезон) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 33–43. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-33-43>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Article
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-33-43>

Assessment of the geoeological state of surface watercourses in the Slavsky district, Kaliningrad region (summer hydrological season)

Yuri A. Spirin[✉], spirin1234567890@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-9666>

Sergey I. Zotov, zotov.prof@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6509-7398>

Immanuel Kant Baltic Federal University, Institute of Nature Management, Territorial Development and Urban Planning, 2 Zoologicheskaya St., Kaliningrad 236022, Russia

Abstract. The paper provides an assessment of the geoeological state of surface watercourses in the Slavsky district, Kaliningrad region in the summer hydrological season. For this purpose, the choice of watercourses for research was carried out, which, in aggregate, could characterize the river network of the Slavsky district as a whole, they were: r. Zlaya, r. Shluzovaya, r. Nemoninka and r. Osa. Water samples were taken for hydrochemical analysis and the hydrometric characteristics of the rivers were measured. The research resulted in information on the quality of water in rivers, as well as on the role of anthropogenic and natural influences on it.

Keywords: geoeological assessment, hydrochemical analysis of water, rivers of the Kaliningrad region, monitoring of watercourses, water pollution

For citation: Spirin Yu. A., Zotov S. I. Assessment of the geoeological state of surface watercourses in the Slavsky district, Kaliningrad region (summer hydrological season). *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 33–43 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-33-43>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)



Введение

Муниципальное образование «Славский городской округ» (далее – Славский район) расположено в зоне с избыточным увлажнением, что в совокупности с равнинным рельефом и преобладанием глинистых и суглинистых пород на поверхности стало определяющим фактором в формировании густой речной сети. В основном это малые водотоки первой и высшей категории, которые имеют многоцелевое использование по разным направлениям, но в качестве главного можно выделить сельское хозяйство. Большинство земель округа используются под ведение сельского хозяйства – 80,4 тыс. га (59,6% от общей площади земель). Для поддержания необходимого водного режима на сельскохозяйственных землях создана обширная осушительная мелиоративная сеть. В Славском районе также находится самый крупный в Калининградской области польдерный массив, площадь которого составляет 68,0 тыс. га (часть Нижненеманской низменности). В связи с вышеперечисленным рассматриваемая территория имеет важное значение для Калининградской области.

Обилие водных ресурсов и их высокая плотность привели к тому, что речная сеть сильно зависит от природного и антропогенного негативного влияния. Отрицательное воздействие загрязненных вод осуществляется не только в месте их локализации, но и постепенно распространяется на соседние водные объекты и Куршский залив. Усложняет ситуацию относительно небольшая скорость течения водотоков, что замедляет их способность к самоочищению, а также вызывает заиление. Подобные свойства в совокупности с сильными западными и северо-западными ветрами, особенно в осенний и зимний периоды, приводят к сгонно-нагонным явлениям из Куршского залива, что также негативно отражается на качестве воды. Низкий уровень грунтовых вод на польдерном массиве и затопляемость территории приводят к образованию вымочек и заболачиванию территории. Все эти природные особенности в той или мере косвенно или напрямую способствуют загрязнению водных объектов.

В Славском районе сельское хозяйство выступает крупным источником поступления загрязняющих веществ в водные объекты, а мелиоративная сеть является их транспортировщиком. Самотечные сточные воды с пастбищ и посевных площадей попадают в мелиоративную сеть, а из нее – в магистральные каналы и реки-водоприемники. Данные воды не проходят очистки, вследствие чего, возможно, оказывают серьезное негативное воздействие на водные объекты. Из-за специфики данных сточных вод их тяжело контролировать, а также точно оценить их влияние на водные ресурсы.

Систематический геоэкологический мониторинг и оценка водных объектов являются

неотъемлемой частью рационального природопользования и оптимального ведения водного и сельского хозяйства. В постсоветский период не проводилось гидрометрическое исследование водотоков этой польдерной территории, отсутствовал систематический экологический мониторинг водотоков, не осуществлялась оценка загрязнения и геоэкологического состояния.

Исследование качества вод необходимо провести по четырем гидрологическим сезонам: летнему, осеннему, зимнему и весеннему. В данной статье будут рассмотрены результаты по летнему гидрологическому сезону.

Материалы и методы исследования

Первым шагом при мониторинге геоэкологического состояния речной сети Славского района стал выбор водотоков (полигонов) для исследования. Он осуществлялся по определенному принципу: выбирались такие водотоки, которые в совокупности могли максимально точно охарактеризовать речную сеть Славского района и оказываемую на нее антропогенную нагрузку. В дальнейшем это позволит составить геоэкологическую характеристику и пространственную дифференциацию загрязнений польдерного массива в целом. Был проведен анализ природных и хозяйственных условий района исследований. При выборе модельных водотоков с целью определения их гидрохимических показателей и оценки уровня антропогенного загрязнения учитывались следующие критерии: 1) водотоки должны быть расположены в разных областях Славского района; 2) исследуемым объектам необходимо иметь как можно большую протяженность по выбранным зонам; 3) важно, чтобы выбранные реки были типовыми и имели характерные для района такие гидрологические параметры, как расход воды, приточность, внутригодовое распределение стока и т. д.; 4) водотоки должны быть физически доступны и, по возможности, иметь подъезд к точкам мониторинга.

Далее было определено географическое расположение контрольных и фоновых пунктов мониторинга. Сельское хозяйство Славского района не имеет конкретных точек сброса, как, например, другие виды антропогенной деятельности. Напротив, сточные воды равномерно стекают со всех окрестных площадей или подаются осушительными насосными станциями. Поэтому контрольными пунктами для мониторинга выступили устьевые (или близко к устьевым) части водотоков, расположенные на территории Славского района, а фоновыми – их верховья. Выбранные реки и локация их фоновых и контрольных пунктов мониторинга представлены на рис. 1, 2 и в табл. 1.

Отбор проб воды, измерение гидрометрических характеристик и определение первичных гидрохимических показателей проведены 15 июля 2020 г. Погодные условия: температура

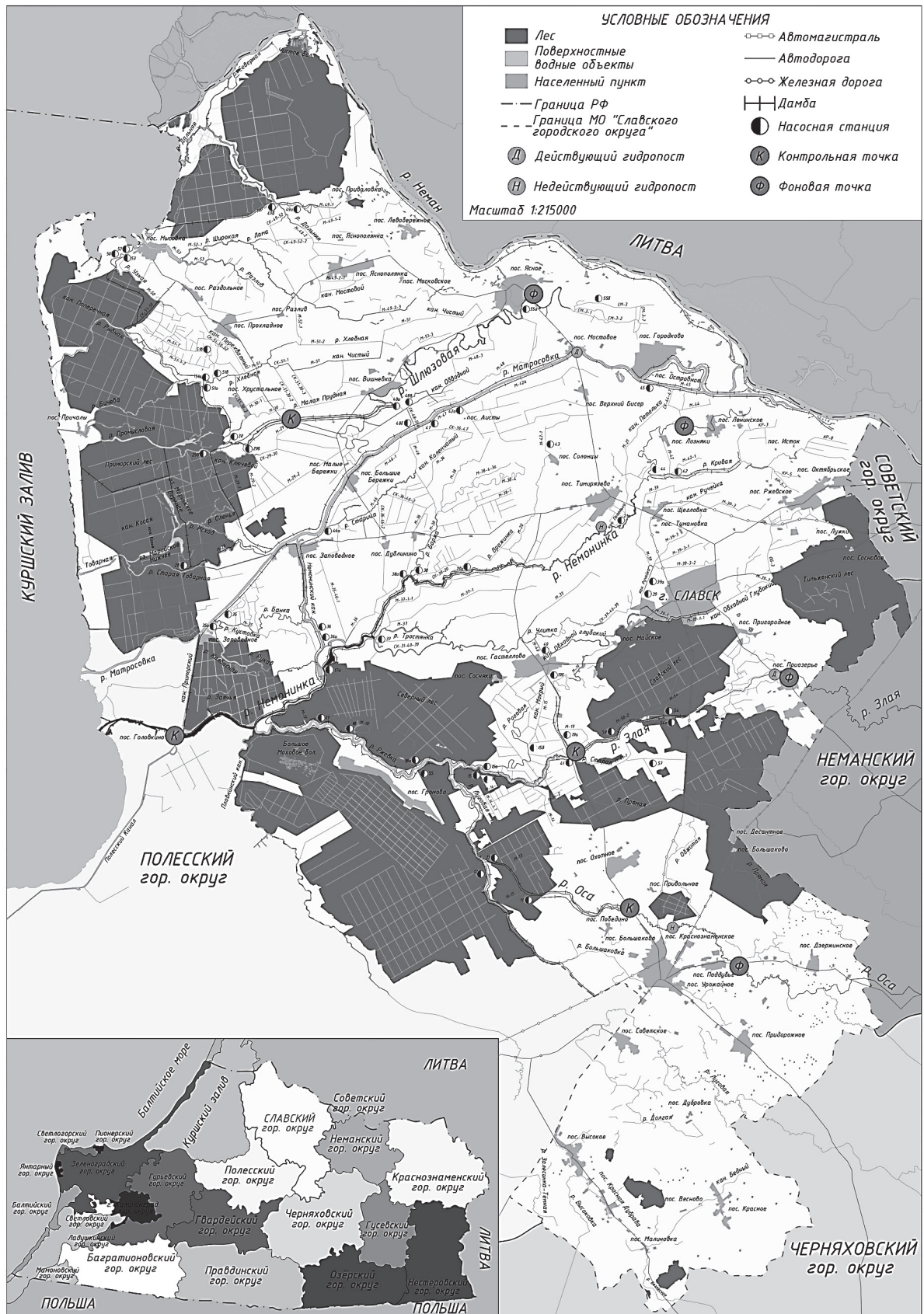


Рис. 1. Схема расположения исследуемых водотоков и локация их фоновых и контрольных пунктов мониторинга

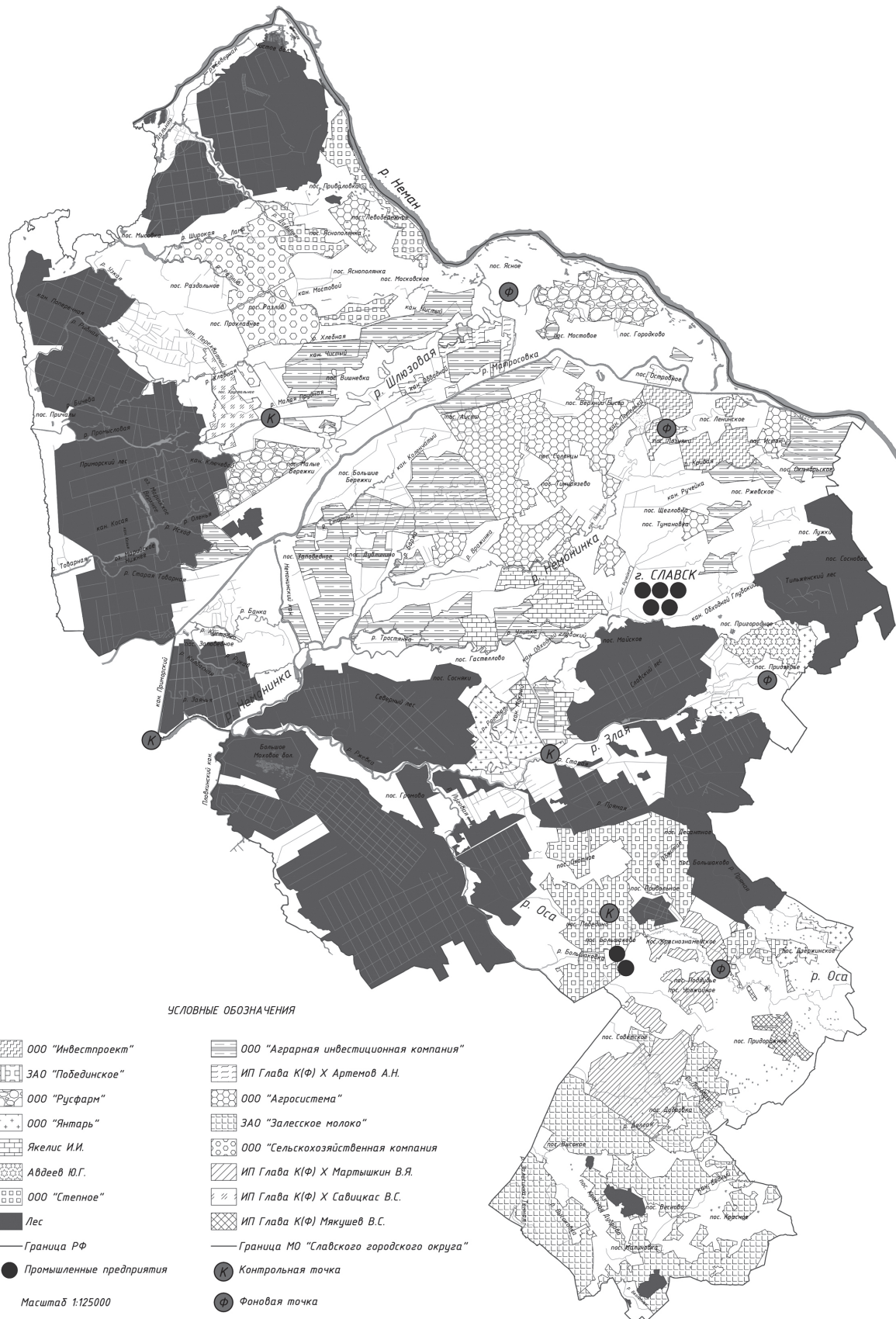


Рис. 2. Схема использования земель сельскохозяйственного назначения



Таблица 1

Выбранные реки и локация их фоновых и контрольных точек мониторинга

Название реки	Контрольный пункт (К)	Фоновый пункт (Ф)
Злая	В районе пос. Гастеллово	Пос. Приозерье
Шлюзовая	Пос. Хрустальное	Пос. Ясное
Немонинка	Пос. Головкино	Пос. Лозняки
Оса	Пос. Победино	Пос. Поддубье

воздуха 20 °С, атмосферное давление 759 мм рт. ст., солнечно, без осадков. Пробы воды отобраны в соответствии с [1, 2]. Скорость течения воды, а также глубина и ширина русел (в тех местах, где это было возможно) измерены при помощи «Гидрологической микровертушки ГМЦМ-1» и измерительной строительной рулетки методом, близким к описанному в [3]. В полевых условиях определены концентрация растворенного кислорода и соленость в пробах воды посредством «Переносного оксиметра CYBERSCAN DO 300» и «Карманного кондуктометра DIST 4 (HANNA)», а водородный показатель был найден с помощью «Карманного рН-метра HI 98108 рНer+». Составлено визуальное описание русел исследуемых рек.

Исследование отобранных проб на стандартный перечень показателей из [4] осуществлено на базе лаборатории «Института живых систем БФУ им. И. Канта». Органолептические показатели определялись в соответствии с [5]. Химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅), хлориды, нефтепродукты, сухой остаток, взвешенные вещества определены по методикам, описанными в [6–11]. Нитраты, нитриты, аммоний, фосфаты, железо общее, сульфаты выявлены на «Двухлучевом спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu)», а натрий и магний – на «Системе капиллярного электрофореза Капель-105М» по методикам, описанным в [12–18].

На основе полученных гидрохимических данных рассчитаны интегральные показатели для оценки качества воды с использованием совмещенных списков предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК) [19–21]. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) и класс качества воды рассчитаны исходя из [19].

Результаты и их обсуждение

Результаты лабораторных и полевых химических анализов представлены в табл. 2, а в табл. 3 – измеренные и рассчитанные гидрометрические и гидрологические данные, а также описание створа реки, где происходил забор проб.

На основе показателей из табл. 2 рассчитаем кратность превышения ПДК, ИЗВ и класс качества воды в исследуемых реках. Результаты расчета представлены в табл. 4, жирным шрифтом выделены те превышения ПДК, которые участвовали в расчете ИЗВ.

Как видно из табл. 4, в р. Злая (К; Ф), р. Шлюзовая (К), р. Немонинка (Ф) вода соответствует классу качества VI, а в р. Шлюзовая (Ф), р. Немонинка (К), р. Оса (К; Ф) «загрязненная» IV. Это говорит о негативном влиянии антропогенной деятельности и частично о природных особенностях региона. В летний и, как следует из гидрологических данных табл. 3, в меженный период (из-за нестандартного протекания фаз водного режима, их необходимо определять с использованием многолетних результатов гидрологических наблюдений [22]) поверхностные водные объекты особенно подвержены разному типу воздействия. Это необходимо учитывать при интерпретации полученных данных, поскольку в другие гидрологические сезоны ситуация может измениться.

С середины весны и почти все лето во время полевых сельскохозяйственных работ вода активно отводится с посевных площадей в реки-водоприемники с целью обеспечения нормы осушения на них. Этот фактор может существенно влиять на качество воды в реках в весенний и летний периоды.

Концентрация кислорода во всех пробах не соответствует ПДК, из них одна проба имеет более значительное несоответствие на фоне других. Поскольку кислород сам по себе не является загрязнителем, а уменьшение его количества в воде говорит о других, как правило, негативных для водных ресурсов процессах, дать однозначный ответ касательно несоответствия указанным нормам сложно. Возможной причиной пониженных показателей растворенного кислорода можно рассматривать активизацию затрат кислорода на окисление органических и минеральных веществ в связи с повышением температуры воды до более чем 20 °С. Вероятно, с этой причиной связано превышение ПДК по БПК₅. Окончательные выводы можно будет сделать после проведения мониторинга еще трех гидрологических сезонов.

Во всех пробах воды превышена концентрация таких азотистых соединений, как аммоний и нитриты. Средняя кратность превышения по аммонии 2.5, а по нитритам 2.2, что с большой вероятностью свидетельствует о попадании азотных удобрений вместе с самотечными и дренажными сточными водами в речную сеть, поскольку именно такой тип удобрений используется в весенне-летнем сезоне. В регионе, ко всему прочему, фактически полностью отсутствует практика дробного внесения удобрений. Не стоит



Таблица 2

Гидрохимические показатели исследуемых водотоков

Название реки	Злая		Шлюзовая		Немнинка		Оса		ПДК [20]	ПДК' [21]
	К	Ф	К	Ф	К	Ф	К	Ф		
Место отбора проб	К	Ф	К	Ф	К	Ф	К	Ф	–	20
Цветность, градусы	10	10	20	10	10	10	10	10	–	20
Запах, баллы*	1	1	2	1	1	1	1	1	–	2
Мутность, ЕМФ**	1	1	1	1	1	1	1	1	–	2
Температура воды, °С	21.9	17.9	21.6	20.5	20.0	20.0	19.5	19.8	–	–
рН, ед	8.2	8.0	7.9	8.0	7.4	8.2	7.8	7.6	Фон	6–9
Взвешенные вещества, мг/л	12	5	17	38	11	22	3	7	–	–
Растворенный O ₂ , мг/л	2.63	3.50	3.04	3.39	3.10	3.42	3.05	3.77	≥ 6	–
ХПК, мг/л	1.95	2.30	5.09	2.94	2.21	2.97	2.10	2.20	–	15
БПК ₅ , мг/л	2.77	3.56	3.56	3.20	3.32	2.53	4.16	3.59	2.1	–
Нитраты, мг/л	2.16	0.92	1.97	1.53	0.89	1.85	1.04	0.99	40	45
Нитриты, мг/л	0.233	0.123	0.346	0.103	0.135	0.182	0.131	0.141	0.08	3
Аммоний, мг/л	1.11	1.85	1.78	0.72	0.86	1.00	1.38	1.43	0.5	1.5
Фосфаты, мг/л	0.016	0.031	0.027	0.034	0.091	0.053	0.017	0.024	0.05	3.5
Сухой остаток, мг/л	490	543	880	598	363	433	520	498	–	1000
Хлориды, мг/л	144	190	72	143	130	179	150	120	300	350
Сульфаты, мг/л	92.46	94.81	148.05	89.56	106.69	113.24	84.64	82.51	100	500
Натрий, мг/л	212	213	200	198	210	200	208	204	120	200
Магний, мг/л	27	31	25	20	25	21	23	22	40	–
Железо общее, мг/л	0.93	0.47	0.64	0.22	0.07	2.40	0.08	0.21	0.1	0.3
Нефтепродукты, мг/л	0.806	1.017	1.250	0.164	0.019	0.147	0.077	0.184	0.05	0.1
Соленость, мг/л	0.59	0.72	1.03	0.72	0.27	0.42	0.52	0.55	–	–

Примечание. * Запах определялся при температуре воды в 20 °С; ** ЕМФ – единицы мутности по формазину на литр.

Таблица 3

Гидрометрические, гидрологические характеристики и описание створов исследуемых водотоков

Название реки и точка мониторинга	Скорость течения, м/с	Расход воды, м ³ /с	Краткое описание створа реки
Злая (К)	0.10	–	Русло землисто-каменное, водная растительность отсутствует, берега плотно покрыты различной растительностью
Злая (Ф)	0.20	0.28	Русло землисто-каменное, водная растительность отсутствует, берега плотно покрыты различной растительностью
Шлюзовая (К)	0.08	–	Русло землисто-каменное, водная растительность отсутствует, берега плотно покрыты различной растительностью
Шлюзовая (Ф)	0.10	–	Русло землистое, на берегах неплотная растительность, присутствует небольшое количество водных растений
Немнинка (К)	0.11	–	Русло землистое, с минимальным количеством водной растительности, берега покрыты невысокой травой
Немнинка (Ф)	> 0.01	0.00	Русло землистое и заболоченное, дно вязкое, много растительности в воде и на берегах, вода в реке цветет
Оса (К)	0.30	0.53	Русло землистое, берега и дно плотно покрыты растительностью с активной фауной
Оса (Ф)	0.15	0.15	Русло землисто-каменное, водная растительность отсутствует, берега плотно покрыты различной растительностью



Таблица 4

Кратность превышения ПДК, ИЗВ и класс качества воды в исследуемых водотоках

Название реки	Злая		Шлюзовая		Немонинка		Оса	
	К	Ф	К	Ф	К	Ф	К	Ф
Место отбора проб								
Цветность, градусы	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Запах, баллы	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Мутность, ЕМФ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
рН, ед	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма
Растворенный O ₂ , мг/л	15.21	8.57	9.87	8.85	9.68	8.77	9.84	7.97
ХПК, мг/л	0.13	0.15	0.34	0.20	0.15	0.20	0.14	0.15
БПК ₅ , мг/л	1.32	1.69	1.69	1.52	1.58	1.21	1.98	1.71
Нитраты, мг/л	0.05	0.02	0.05	0.04	0.02	0.05	0.03	0.02
Нитриты, мг/л	2.91	1.54	4.33	1.29	1.69	2.28	1.64	1.76
Аммоний, мг/л	2.21	3.70	3.57	1.44	1.72	2.01	2.77	2.86
Фосфаты, мг/л	0.32	0.62	0.54	0.68	1.82	1.06	0.34	0.48
Сухой остаток, мг/л	0.49	0.54	0.88	0.60	0.36	0.43	0.52	0.50
Хлориды, мг/л	0.48	0.63	0.24	0.48	0.43	0.60	0.50	0.40
Сульфаты, мг/л	0.92	0.95	1.48	0.90	1.07	1.13	0.85	0.83
Натрий, мг/л	1.77	1.78	1.67	1.65	1.75	1.67	1.73	1.70
Магний, мг/л	0.68	0.78	0.63	0.50	0.63	0.53	0.58	0.55
Железо общее, мг/л	9.31	4.69	6.41	2.19	0.66	23.95	0.77	2.06
Нефтепродукты, мг/л	16.12	20.34	25.01	3.28	0.37	2.95	1.54	3.68
ИЗВ	7.92	6.80	8.48	3.16	3.04	6.94	3.25	3.34
Класс качества воды*	VI	VI	VI	IV	IV	VI	IV	IV

Примечание. * VI – очень грязная; IV – загрязненная.

списывать со счетов также природные процессы. Наибольшее содержание таких веществ обычно наблюдается к концу лета, что связано с отмиранием водных организмов и разложением органических остатков, а также прижизненным выделением гидробионтов. Одна из задач дальнейших исследований – выяснить, носит ли превышение концентраций антропогенный или природный характер. Если подтвердится его антропогенный характер, то следует установить, связано ли это с периодами сельскохозяйственных работ или загрязнитель уже закрепился в рассматриваемых водных объектах.

Фосфаты нельзя назвать распространенным загрязнителем, так как их небольшой избыток обнаружен лишь в 2 пробах из 8, что, скорее всего, является частным случаем. Во время дальнейшей работы следует обратить внимание на поведение этого показателя, прежде чем делать какие-либо выводы.

Небольшое превышение натрия также обнаружено во всех отобранных пробах. Это, в свою очередь, может указывать на сельскохозяйственное воздействие путем попадания натриевой селитры в водотоки.

Концентрация железа в 6 пробах из 8 превышает ПДК, из них одна проба имеет серьезное превышение на фоне других. Такой уровень же-

леза в водотоках можно объяснить неглубоким залеганием грунтовых вод, которые в регионе сильно обогащены железом [23–24]. Грунтовые воды попадают в реки за счет естественного просачивания и вымывания осадками, но основное их количество поступает через мелиоративную сеть. Не стоит исключать сельскохозяйственные стоки, которые также могут повлиять на концентрацию железа в воде. Большое превышение ПДК железа в пробе воды из р. Немонинка (Ф), возможно, связано с заболачиванием русла (см. табл. 3).

Концентрация нефтепродуктов в 7 пробах из 8 превышает ПДК, из них 3 пробы имеют кратность превышения выше 15. В современных реалиях это один из наиболее распространенных загрязнителей, который не обошел стороной и изучаемые водотоки. Если концентрацию нефтепродуктов в р. Шлюзовая (Ф), р. Немонинка (Ф) и р. Оса (К; Ф) можно списать на антропогенную освоенность территории, что всегда сопряжено с таким видом загрязнения, то концентрация в р. Злая (К; Ф) и р. Шлюзовая (К) требует особого внимания.

Если говорить о р. Злая (К; Ф), то потенциальным загрязнителем может выступить самый крупный город района Славск, в котором к тому же находятся пять промышленных предприятий обрабатывающей отрасли. Не стоит игнорировать



и тот факт, что р. Злая берет свое начало за пределами Славского района, и появление излишков нефтепродуктов может иметь другой потенциальный источник, хотя явных загрязнителей по её течению, кроме озвученного, не обнаружено. При этом в р. Оса, которая протекает рядом с р. Злая почти на всем ее протяжении и имеет исток по соседству и схожую приточность, такой проблемы нет. Поэтому все сказанное подтверждает изначально выдвинутое предположение. В то же время р. Шлюзовая между истоком и устьем имеет семь сельскохозяйственных предприятий, которые интенсивно используют близлежащие территории, что, вероятнее всего, вносит свой вклад в концентрацию рассматриваемого показателя.

Отклонение результатов измерения гидрохимических показателей и ИЗВ контрольной точки мониторинга относительно фоновой отражено в табл. 5.

Как видно из табл. 5, разница ИЗВ между контрольной и фоновой точками р. Злая не очень высокая. Не однонаправленное изменение отдельных химических показателей в рамках имеющегося общего загрязнения можно считать незначительным и списать на приточность других рек между точками. ИЗВ двух контрольных и фоновых пунктов мониторинга почти одинаковое, что приводит к выводу, что часть р. Злая, протекающая по территории Славского района, имеет

класс качества воды «очень грязная» в целом, а не в отдельных ее местах. То же можно сказать и про р. Оса, с поправкой на то, что качество воды в ней на два класса лучше и имеет статус «загрязненная». Это можно связать с более низкой плотностью мелиоративной сети в районе протекания водотока.

Ситуация с загрязнением р. Шлюзовая более однозначная. Вниз по течению отмечается сильный рост загрязнения воды как по показателям ИЗВ, так и почти по всем отдельным концентрациям. Класс качества воды от фоновой до контрольной точки падает с IV до VI (рост ИЗВ на 168.35%). Как было сказано ранее, в зоне небольшого бассейна р. Шлюзовая (35,4 км²) ведут свою деятельность 7 сельскохозяйственных предприятий, с которых отводит воду достаточно плотный участок осушительной мелиоративной сети. Река также является водоприемником для трех насосных станций, хотя ее длина всего 35 км. Всё это в совокупности отложило сильный отпечаток на гидроэкологическое состояние водотока. Контрольный пункт наблюдения р. Шлюзовой самый загрязненный из всех рассмотренных. Ситуацию обостряет еще то, что река впадает в поверхностный источник водоснабжения – р. Промысловую, она же, в свою очередь, впадает в Куршский залив.

В р. Немонинка, напротив, качество воды в области истока сильно улучшилось по сравнению с

Таблица 5

Отклонение результатов измерения гидрохимических показателей и ИЗВ контрольной точки мониторинга относительно фоновой

Гидрохимические показатели	Название реки							
	Злая		Шлюзовая		Немонинка		Оса	
	Отклонение							
	отн., %	абс., мг/л	отн., %	абс., мг/л	отн., %	абс., мг/л	отн., %	абс., мг/л
Взвешенные вещества, мг/л	166.67	7.50	-56.58	-21.50	-50.00	-11.00	-52.31	-3.40
Растворенный O ₂ , мг/л	-24.86	-0.87	-10.32	-0.35	-90.94	-3.11	-19.10	-0.72
ХПК, мг/л	-15.28	-0.35	73.25	2.15	-25.45	-0.75	-4.57	-0.10
БПК ₅ , мг/л	-22.03	-0.78	11.32	0.36	30.95	0.78	15.97	0.57
Нитраты, мг/л	135.29	1.24	28.88	0.44	-52.06	-0.96	4.65	0.05
Нитриты, мг/л	89.43	0.11	235.92	0.24	-25.82	-0.05	-7.09	-0.01
Аммоний, мг/л	-40.33	-0.75	147.30	1.06	-14.44	-0.15	-3.28	-0.05
Фосфаты, мг/л	-48.39	-0.02	-20.59	-0.01	71.70	0.04	-29.17	-0.01
Сухой остаток, мг/л	-9.68	-52.50	47.28	282.50	-16.18	-70.00	4.52	22.50
Хлориды, мг/л	-24.21	-46.00	-49.65	-71.00	-27.37	-49.00	25.00	30.00
Сульфаты, мг/л	-2.48	-2.35	65.30	58.48	-5.79	-6.55	2.58	2.13
Натрий, мг/л	-0.47	-1.00	1.01	2.00	5.00	10.00	1.96	4.00
Магний, мг/л	-12.90	-4.00	25.00	5.00	19.05	4.00	4.55	1.00
Железо общее, мг/л	98.51	0.46	192.69	0.42	-97.24	-2.33	-62.62	-0.13
Нефтепродукты, мг/л	-20.77	-0.21	662.84	1.09	-87.30	-0.13	-58.28	-0.11
Соленость, мг/л	-18.06	-0.13	43.06	0.31	-35.71	-0.15	-5.45	-0.03
ИЗВ	16.47	1.12	168.35	5.32	-56.20	-3.90	-2.69	-0.09



областью устья, что легко поддается объяснению. Во первых, на такую разницу повлияла высокая естественная приточность, которая разбавила загрязненность, в частности, в р. Немонинка впадает питьевой канал (Полесский канал). Во вторых, как следует из описания створа фоновой точки, вода в ней стоячая и заболоченная, в отличие от контрольной точки, что также создает разницу в качестве. В-третьих, несоизмеримые размеры устья и истока делают последний более уязвимым к антропогенным и природным воздействиям. Несмотря на относительно хорошее качество воды и благоприятные факторы, в зоне истока реки такие показатели, как нитраты, нитриты, азот, фосфор и натрия превышены. Бассейн Немонинки охватывает почти всю рассматриваемую территорию, поэтому можно сказать, что в контрольной точке этого водотока концентрируется большая часть речного стока Славского района. Если не брать в расчет Полесский канал, который вносит большое количество чистой воды, то концентрация азотных, и не только, характеристик была бы еще выше, что подтверждает предположения о загрязнении рек со стороны сельского хозяйства. Положительный момент можно отметить в том, что концентрация железа и нефтепродуктов не превышает ПДК.

Заключение

Мониторинг геоэкологического состояния показал, что исследуемые водотоки в той или иной степени подвержены загрязнению. Класс качества воды в них варьируется от IV до VI. Об экологическом неблагополучии изученных водотоков свидетельствуют пониженная концентрация растворенного кислорода и повышенное значение БПК₅. Основные загрязнители в реках – это нефтепродукты, железо и азотные соединения. Сильная распространенность последних подразумевает попадание неочищенных сточных вод с сельскохозяйственных земель в водные объекты, что говорит о нерациональном природопользовании на исследуемой территории.

С ростом плотности осушительной сети, помноженной на сельскохозяйственную освоенность земель, увеличивается и негативное воздействие на водотоки. Наглядным примером могут выступать р. Злая и р. Шлюзовая, протекающие по наиболее мелиоративно и сельскохозяйственно освоенным участкам района. В этом аспекте показательна р. Шлюзовая, которая всецело протекает по территории Славского района и имеет наихудшие химические показатели, по крайней мере, в ее устьевой части, куда в конечном итоге стекают стоки. Нужно учитывать, что на рис. 1 показаны только основные открытые магистральные каналы, без закрытой регулирующей сети и мелких каналов, реальная плотность мелиоративной сети намного выше.

Стоит отметить и потенциальное влияние таких крупных городов, как Славск, в котором рас-

положены пять перерабатывающих предприятий. Необходимо также учитывать низкий уровень залегания грунтовых вод, питающих поверхностные водотоки, и искать решение по нивелированию их негативного воздействия.

На данный момент в мелиоративный комплекс Калининградской области вкладываются значительные финансовые ресурсы, что позволяет ему успешно развиваться и реконструироваться, а особая экономическая зона, предоставляющая различные льготы предприятиям, привлекает новых сельскохозяйственных производителей. Это хорошие предпосылки для обеспечения продовольственной безопасности региона и его устойчивого развития. Но при отсутствии должных эколого ориентированных, природоохранных и водоочистных мероприятий геоэкологическое состояние водных ресурсов будет только ухудшаться.

Важно продолжить запланированные исследования, чтобы составить более целостную картину, проясняющую те или иные выдвинутые в статье предположения. По завершении комплекса исследований можно будет спроецировать результаты работы на всю речную сеть Славского района, дав ей современную геоэкологическую характеристику и оценку. В дальнейшем это позволит более рационально составить программу мероприятий по уменьшению текущего негативного влияния антропогенной деятельности и восстановлению уже пострадавших от нее водных объектов.

Библиографический список

1. Вода. Общие требования к отбору проб : ГОСТ 31861-2012 : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 15 ноября 2012 г. № 42) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097520> (дата обращения: 01.12.2020).
2. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа : ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458 :2006) : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (по переписке, протокол от 3 декабря 2012 г. № 54) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097811> (дата обращения: 01.12.2020).
3. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства : СП 11-103-97 : одобрен Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России (письмо от 10.07.97 № 9-1-1/69) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704792> (дата обращения: 01.12.2020).
4. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши : РД 52.24.309. 2016 : утвержден заместителем руководителя Росгидромета 08.12.2016 : введен в действие приказом Росгидромета от 20.12.2016 № 585 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/495872993> (дата обращения: 01.12.2020).
5. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности : ГОСТ Р 57164-2016 : утвержден и введен в



- действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2016 г. № 1412-ст [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200140391> (дата обращения: 01.12.2020).
6. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом : ПНД Ф 14.1 :2.100-97 : утвержден заместителем председателя Государственного комитета РФ по охране окружающей среды А. А. Соловьяновым 21 марта 1997 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293832/4293832514.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
7. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах : ПНД Ф 14.1 :2 :3 :4.123-97 : утвержден заместителем председателя Государственного комитета РФ по охране окружающей среды А. А. Соловьяновым 21 марта 1997 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293832/4293832514.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
8. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод argentометрическим методом (Издание 2014 года) : ПНД Ф 14.1 :2.96-97 : утвержден заместителем председателя Государственного комитета РФ по охране окружающей среды А. А. Соловьяновым 21 марта 1997 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200044244> (дата обращения: 01.12.2020).
9. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных и сточных вод методом колоночной хроматографии с гравиметрическим окончанием : ПНД Ф 14.1 :2.116-97 : утвержден заместителем председателя Государственного комитета РФ по охране окружающей среды А. А. Соловьяновым 21 марта 1997 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200079417> (дата обращения: 01.12.2020).
10. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации сухого остатка в питьевых, поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом : ПНД Ф 14.1 :2 :4.114-97 : утвержден и.о. директора ФБУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия» С. А. Хахалиным 23.03.2011 [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293808/4293808591.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
11. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций взвешенных и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом (Издание 2017) : ПНД Ф 14.1 :2 :4.254-09 : утвержден и.о. директора ФГБУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия» А. Г. Кудрявцевым 15 декабря 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556339176> (дата обращения: 01.12.2020).
12. Массовая концентрация нитратного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе : РД 52.24.380-2017 : утвержден руководителем Росгидромета 11.12.2017 : введен в действие приказом Росгидромета от 10.01.2018 № 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/551160241> (дата обращения: 01.12.2020).
13. Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса : РД 52.24.381-2017 : утвержден руководителем Росгидромета 11.12.2017 : введен в действие приказом Росгидромета от 10.01.2018 № 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550609473> (дата обращения: 01.12.2020).
14. Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего : РД 52.24.383-2018 : утвержден руководителем Росгидромета 02.03.2018 : введен в действие приказом Росгидромета от 02.04.2018 № 125 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/551160238> (дата обращения: 01.12.2020).
15. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом : РД 52.10.738-2010 : утвержден руководителем Росгидромета [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200088047> (дата обращения: 01.12.2020).
16. Массовая концентрация железа общего и железа валового в водах. Методика измерений фотометрическим методом с 1,10-фенантролином : РД 52.24.358-2019 : утвержден руководителем Росгидромета 15.03.2019 : введен в действие приказом Росгидромета от 25.06.2019 № 294 [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293727/4293727847.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
17. Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика измерений турбидиметрическим методом : РД 52.24.405-2018 : утвержден руководителем Росгидромета 24.07.2018 : введен в действие приказом Росгидромета от 17.08.2018 № 358 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/551785676> (дата обращения: 01.12.2020).
18. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «капель» (с Изменениями) (Издание 2007 года) : ПНД Ф 14.1 :2 :4.167-2000 : утвержден заместителем председателя Государственного комитета РФ по охране окружающей среды А. А. Соловьяновым 2000 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200079417> (дата обращения: 01.12.2020).
19. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям : РД 52.24.643-2002 : утвержден и введен в действие Росгидрометом 03.12.2002 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293831/4293831806.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
20. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года) : зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской



Федерации 13 января 2017 года, регистрационный № 45203 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 01.12.2020).

21. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения : СанПиН 2.1.4.1074-01 : утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации первым заместителем министра здравоохранения Российской Федерации Г. Г. Онищенко 26 сентября 2001 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 01.12.2020).

Поступила в редакцию 26.10.2020, после рецензирования 03.11.2020, принята к публикации 20.11.2020
Received 26.10.2020, revised 03.11.2020, accepted 20.11.2020

22. Спирин Ю. А. Анализ внутригодового распределения стока рек Славского района Калининградской области // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44, № 2. С. 231–242.

23. Спирин Ю. А., Зотов С. И. Проблемы геоэкологического состояния и использования поверхностных вод Калининградской области // Вестник Удмуртского университета. Сер. «Биология. Науки о Земле». 2019. Т. 29, № 2. С. 221–227.

24. Великанов Н. Л., Наумов В. А., Маркова Л. В., Смирнова А. А. Результаты натурных исследований малых водотоков на мелиорированных землях региона // Вода : химия и экология. 2013. № 7. С. 18–26.