

Научная статья

УДК 502.131.1

doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-137-152

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПОЛЬДЕРНЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Юрий Александрович Спирин<sup>1</sup>, Сергей Игоревич Зотов<sup>2</sup>**<sup>1</sup>РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия<sup>2</sup>Балтийский федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия<sup>1</sup>spirin1234567890@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3481-9666>, eLibrary Author ID: 887382<sup>2</sup>zotov.prof@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-6509-7398>, eLibrary Author ID: 60753

**Аннотация.** Устойчивое развитие Калининградской области в период современных вызовов можно считать основополагающим направлением в развитии региона. В этом вопросе особое внимание уделяется распространенным в области уникальным природно-ландшафтными объектами – пolderными землями. Цель работы – сформулировать и исследовать геоэкологические аспекты устойчивого развития пolderных земель в Калининградской области. Основным методом исследования выступил сопряженный анализ гидрологической, гидрохимической и геоэкологической информации. Дана характеристика пolderных земель как сложных природно-хозяйственных систем. Рассчитаны ключевые гидрологические параметры, а также выявлены закономерности и особенности изменения водного режима основных водотоков Славского района. На основе полевых исследований получены новые комплексы гидрохимических характеристик по четырем гидрологическим сезонам за 2020–2021 гг. по контрольным и фоновым пунктам мониторинга, выявлены химический состав и уровень загрязнения малых водотоков. Определена пространственная дифференциация геоэкологического состояния бассейнов малых водотоков Славского района по 13 критериям, разделенных по взаимосвязанным группам: антропогенная нагрузка, качество воды, способность территории к самоочищению, транзитная способность. Разработана система мер по улучшению геоэкологического состояния пolderных земель на основе замкнутых биогеохимических циклов азотных и фосфорных соединений в сельскохозяйственном производстве и системы пространственно распределенной биологической очистки водотоков высшей водной и древесной растительностью.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, геоэкологическая оценка водотоков, гидрохимический анализ воды, мониторинг водотоков, пolderные земли, бассейны Калининградской области

**Для цитирования:** Спирин Ю.А., Зотов С.И. Геоэкологические аспекты устойчивого развития пolderных земель в Калининградской области // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 3(62). С. 137–152. doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-137-152.

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-137-152

## GEOECOLOGICAL ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF POLDER LANDS IN THE KALININGRAD REGION

**Yuriy A. Spirin<sup>1</sup>, Sergey I. Zotov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia<sup>2</sup>Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia<sup>1</sup>spirin1234567890@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3481-9666>, eLibrary Author ID: 887382<sup>2</sup>zotov.prof@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-6509-7398>, eLibrary Author ID: 60753

**Abstract.** Sustainable development of the Kaliningrad region in the period of modern challenges can be considered a fundamental direction in the region's development strategy. In this matter, special attention should be paid to the unique natural landscape objects common to the area – polder lands. The purpose of the work is to formulate and study the geoecological aspects of sustainable development of polder lands in the Kaliningrad region. The main research method was conjugated analysis of hydrological, hydrochemical, and geoecological information.

© Спирин Ю.А., Зотов С.И., 2022



The paper provides description of polder lands as complex natural and economic systems. The key hydrological parameters were calculated; the regularities and features of changes in the water regime of the main watercourses of the Slavsky district were revealed. Based on field studies, new sets of hydrochemical characteristics were obtained for four hydrological seasons over 2020–2021 at the control and background monitoring points; the chemical composition and the level of pollution of small watercourses were found. Spatial differentiation of the geoeological state of the basins of small watercourses in the Slavsky district was determined according to 13 criteria, divided into interrelated groups: anthropogenic load, water quality, the territory's ability to self-purify, and transit capacity. A system of measures was developed to improve the geoeological state of polder lands based on closed biogeochemical cycles of nitrogen and phosphorus compounds in agricultural production and the system of spatially distributed biological treatment of watercourses by higher aquatic and woody vegetation.

**Keywords:** sustainable development, geoeological assessment of watercourses, hydrochemical analysis of water, monitoring of watercourses, polder lands, basins of the Kaliningrad region

**For citation:** Spirin Yu.A., Zotov S.I. (2022). Geoeological aspects of sustainable development of polder lands in the Kaliningrad region. *Geographical Bulletin*. No. 3(62). Pp. 137–152. doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-137-152.

### Введение

В устойчивом развитии территорий геоэкологическая составляющая рассматривается одной из важнейших. Особую значимость геоэкологические аспекты устойчивого развития имеют для приморских районов и, в частности, для Калининградской области. Регион находится в зоне избыточного увлажнения и характеризуется большим разнообразием природных условий и хозяйственной деятельности. Эффективное использование земель возможно при осуществлении осушительной мелиорации. Калининградская область обладает массивами польдерных земель, которые уникальны для Российской Федерации. Цель работы – сформулировать и исследовать геоэкологические аспекты устойчивого развития польдерных земель в Калининградской области.

Реализация устойчивого развития польдерных земель возможна с учётом следующих взаимозависимых геоэкологических аспектов: 1) польдеры – это сложные природно-хозяйственные системы; 2) особенности гидрологических условий; 3) химический состав и загрязнение малых водотоков; 4) геоэкологическое состояние малых водотоков и их бассейнов, 5) геоэкологическая оптимизация хозяйственной деятельности.

### Материалы и методы

Нами были собраны данные о продолжительных систематических гидрометрических наблюдениях на территории Славского района. На основе этих данных были составлены следующие гидрологические ряды среднегодовых расходов воды: р. Злая – с 1961 по 1986 г.; р. Оса – с 1962 по 1972 г.; р. Матросовка – с 1969 по 1986 г.; р. Немонинка – с 1962 по 1986 г. Для изучения использовались «Гидрологические ежегодники» и «Государственный водный кадастр», предоставленные Государственным гидрологическим институтом; Институтом водных проблем РАН; Калининградской областной научной библиотекой. Также была получена достаточно редко встречаемая информация о среднегодовых расходах воды по р. Злая за периоды с 1990 по 1991 г.; с 1993 по 2004 г. и по р. Матросовка за период с 1990 по 2004 г. из отчетов «Государственного водного кадастра» за 1990–2004. Отчёты были предоставлены Государственным гидрологическим институтом. Из «АИС ГМВО» [1] были получены гидрологические данные за период с 2008 по 2017 г. для рек Злая и Матросовка.

Ряды среднегодовых расходов воды восстановлены с помощью метода гидрологической аналогии, а проверка их однородности и достаточной продолжительности осуществлена с применением стандартных статистических подходов. Построение кривых обеспеченности среднегодовых расходов базировалось на распределении Крицкого-Менкеля (трёхпараметрическое гамма-распределение). Внутригодовое распределение речного стока получено методом компоновки В.Г. Андреянова. Взаимосвязь между гидрологическими величинами была определена по средствам коэффициентов парной корреляции Пирсона, а метод наименьших квадратов позволили составить уравнения линейной регрессии и их графики.

Экология и природопользование  
Спирин Ю.А., Зотов С.И.

Гидрохимические показатели и индексы загрязнения воды определялись при помощи действующих на территории Российской Федерации нормативно-правовых актов. Более подробно с этой частью исследования можно ознакомиться в предыдущих наших работах по этой теме [10; 17].

Массы загрязняющих веществ в воде были определены при помощи разработанного нами методического подхода [18]. Выявлены расчетные зависимости между массой и составом загрязняющих веществ за сезон ( $t$ ) и абсолютными значениями превышения концентраций загрязняющих веществ ( $mg/l$ ). Створы были разделены на 3 группы: со среднемноголетнем расходом до 2 куб.м/с (Оса (К;Ф); Злая (Ф); Немонинка (Ф); Промысловая) (группа 1); от 8 до 15 куб.м/с (Шлюзовая (К;Ф); Злая (К); Разлив) (группа 2) и более 100 куб.м/с (Немонинка (К) и Матросовка) (группа 3) (рис. 1).

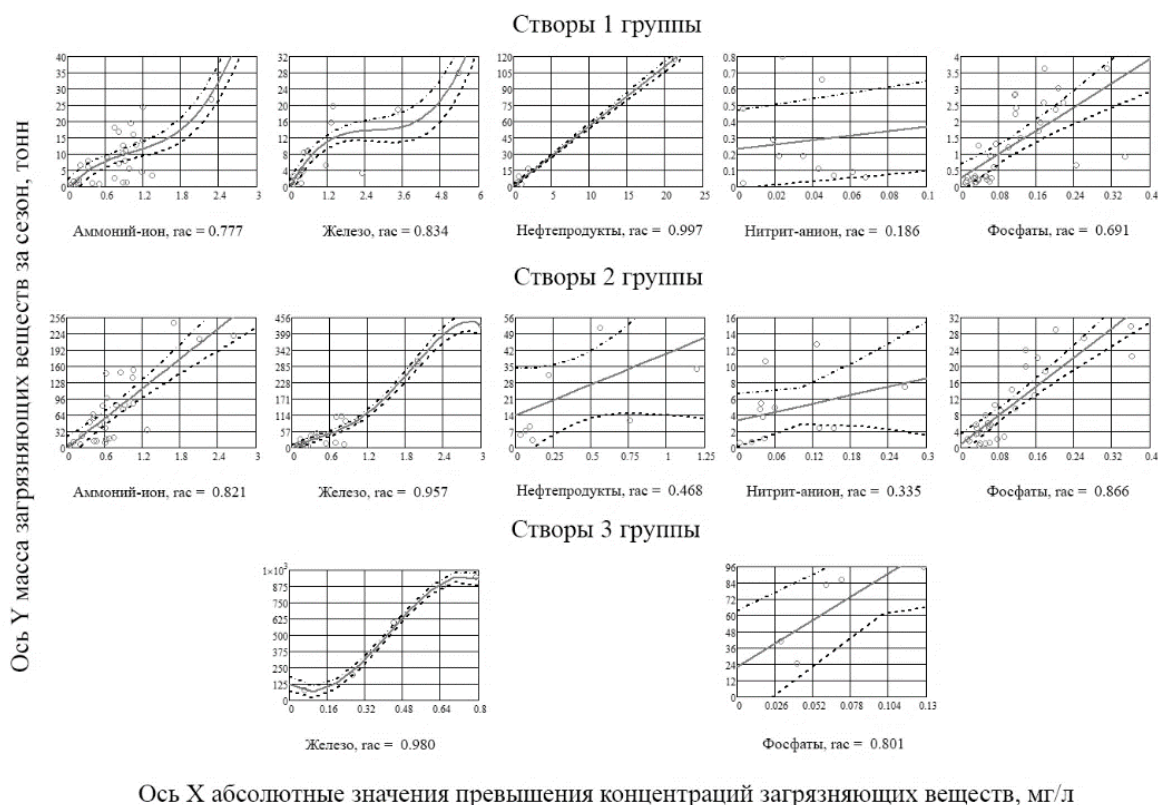


Рис. 1. Графики связи между массой загрязняющих веществ за сезон ( $t$ ) и абсолютными значениями превышения концентраций загрязняющих веществ ( $mg/l$ ). Точки – данные наблюдений; сплошная линия – уравнения регрессии; штрихпунктирная линия – нижний и верхний доверительные интервалы;  $rac$  – коэффициент парной корреляции

Fig. 1. Graphs of the relationship between the mass of pollutants per season ( $t$ ) and the absolute values of excess concentrations of pollutants ( $mg/l$ ). Points – observational data; solid line – regression equations; dash-dotted line – lower and upper confidence intervals;  $rac$  – pair correlation coefficient

Выразив массу загрязняющих веществ за сезон ( $A$ ,  $t$ ) через абсолютные значения превышения концентраций загрязняющих веществ ( $b$ ,  $mg/l$ ), получили расчетные формулы (табл. 1).

В расчёте зависимостей использованы следующие комплекты гидрохимических данных: 32 пробоотбора по 14 химическим показателям в период с 2020 по 2021 г. (данные проведенных натурных исследований рек: Злая, Оса, Немонинка, Шлюзовая [10; 17]); 52 пробоотбора по 12 химическим показателям в период с 2013 по 2019 (данные, предоставленные «Балттехмордирекция» Калининградский с разрешения заказчика услуг СПК «Рыболовецкий колхоз «Рыбак Балтики» по рекам: Разлив и Промысловая);

6 пробоотборов по 11 химическим показателям за 2010 г. (данные из отчета о «Мониторинге трансграничных водных объектов Вислинской и Куршской лагун балтийского моря» по рекам: Товарная и Матросовка). В сумме учитывались 90 пробоотборов, включающих в себя 1138 химических показателей.

Таблица 1

Формулы нахождения массы загрязняющих веществ за сезон (т) по ряду веществ  
Formulas for finding the mass of pollutants per season (tons) for some substances

Группа	Формула
1	$A_{\text{аммон.}} = -0,893 + 22,168 \cdot b - 16,06 \cdot b^2 + 5,246 \cdot b^3$
	$A_{\text{жел.}} = -0,641 + 15,506 \cdot b - 5,65 \cdot b^2 + 0,702 \cdot b^3$
	$A_{\text{нефт.}} = 0,766 + 5,507 \cdot b$
	$A_{\text{нитр.}} = 0,229 + 1,414 \cdot b$
	$A_{\text{фосф.}} = 0,261 + 9,119 \cdot b$
2	$A_{\text{аммон.}} = -1,078 + 97,911 \cdot b$
	$A_{\text{жел.}} = -2,493 + 125,132 \cdot b - 128,266 \cdot b^2 + 123,151 \cdot b^3 - 26,094 \cdot b^4$
	$A_{\text{нефт.}} = 13,901 + 26,714 \cdot b$
	$A_{\text{нитр.}} = 3,355 + 17,331 \cdot b$
3	$A_{\text{фосф.}} = 0,845 + 89,365 \cdot b$
	$A_{\text{жел.}} = 127,585 + 1380 \cdot b - 8246 \cdot b^2 + 6581 \cdot b^3$
	$A_{\text{фосф.}} = 22,322 + 658,551 \cdot b$

Чтобы дать объективную оценку геоэкологического состояния бассейнов малых водотоков польдерных земель Славского района, необходимо составить матрицу геоэкологической оценки. В качестве её критериев рассматриваются значимые для объекта исследования индикаторы антропогенного и природного воздействия. В нашем случае за основу создания матрицы для геоэкологической оценки взят ряд критериев из следующих работ [3; 8; 15]. Также добавлен такой критерий, как масса загрязняющих веществ, проходящая через створ.

Рассматриваемые критерии разделены на 4 взаимосвязанные группы: антропогенная нагрузка, загрязненность воды, способность территории к самоочищению, транзитная способность. В каждой из групп рассмотрены главные критерии и их интенсивность в балльной системе, требующие учета на исследуемой территории. Составная географическая единица, к которой будут применяться критерии, – это бассейны ключевых рек: Злая, Оса, Немонинка, Шлюзовая.

Разработка водоочистных и водоохраных мероприятий опиралась на базовые представления об их экономической эффективности и нацеленности на нивелирование или ликвидацию основных негативных факторов, влияющих на водные объекты и окружающую среду в целом.

### Результаты и их обсуждения

*Польдеры – это сложные природно-хозяйственные системы*

Польдер – осушенный и возделанный низменный участок побережья. Польдеры располагаются на месте низменных заболоченных морских побережий – маршей, часто ниже уровня моря, защищены от моря или других окружающих водоёмов валами, дамбами и другими гидротехническими сооружениями от затопления морскими и речными водами. Уровень грунтовых вод в польдерах регулируется дренажными устройствами, часто с машинной откачкой воды. При интенсивном ведении сельского хозяйства польдерные территории отличаются высоким плодородием и продуктивностью [33; 34]. Эти обстоятельства свидетельствуют о необходимости рассмотрения польдеров как сложных природно-хозяйственных систем. Если рассматривать эти природно-хозяйственные системы на территории России, то наибольший интерес представляет Калининградская область.

Одной из отличительных особенностей Калининградской области является наличие полейдерных земель, чья площадь составляет около 100 тыс. га. (70% полейдеров России). Их плодородность обусловила развитие на большинстве из них сельскохозяйственного комплекса, а климатические и ландшафтные особенности – создание осушительных мелиоративных систем. Все полейдеры области осушаемые и классифицируются как незатопляемые (зимние), т.е., осушаются весь год.

В структуре земель сельскохозяйственного назначения преобладающую часть составляют сельскохозяйственные угодья – 720,7 тыс. га. Из них на долю пашни приходится 50% площадей, многолетних насаждений – около 1%, сенокосов – 18%; пастбищ – 31%; из них в использовании находится – около 48,1 тыс. га (67%), не используется около 240 тыс. га (33%). Фактически все сельское хозяйство ведется на мелиорируемых осушаемых землях. Площадь осушаемых земель области по состоянию на 31 декабря 2020 г. составляет 1047,8 тыс. га, в том числе земель сельхозпроизводителей – 594,5 тыс. га. Протяженность отрегулированных водоприемников – 1360 км, сети открытых магистральных и проводящих каналов составляет 11922 км, закрытой дренажно-коллекторной сети – 362517 км, водозащитных дамб – 713,5 км. Количество гидротехнических сооружений на водоприемниках и открытой осушительной сети составляет 24920 шт. В области имеется 114 осушительных насосных станций [14]

Сельское хозяйство выступает потенциально крупным источником поступления загрязняющих веществ в водотоки, а мелиоративная сеть выполняет функцию по их транспортировке [2; 4; 28; 35]. На полейдерных территориях имеется большое количество стоков с сельскохозяйственных земель. Самотечные сточные воды с пастбищ и посевных площадей попадают в грунтовые воды, а далее – в мелиоративную сеть, потом, при помощи насосных станций, они подаются в магистральные каналы и реки водоприемники, и после вниз по течению, оказываются в заливах. Данные воды не подвергаются очистке вследствие чего, возможно, оказывают серьезное негативное воздействие на водные объекты. Вследствие специфики данных сточных вод их не только тяжело контролировать, но и точно оценить их влияние на водные ресурсы. Последние тенденции по развитию сельскохозяйственного и гидромелиоративного комплекса могут усилить эти негативные факторы, что подразумевает необходимость в геоэкологическом мониторинге поверхностных водотоков и их водосборов.

Несмотря на распространенность полейдерных земель в Калининградской области, они по большей части представлены разрозненными полейдерными массивами площадью от 0,8 до 7,5 тыс. га. Такие размеры влекут за собой и отсутствие крупных участков речной сети для целостного и всестороннего геоэкологического и гидрологического исследования речных объектов и их водосборов. Исключением может считаться самая крупная полейдерная территория региона, расположенная на территории Неманской низменности в МО «Славский городской округ» (далее Славский район). Полейдерные земли здесь занимают площадь порядка 68,0 тыс. га и включают в себя достаточно большое количество водотоков, что играет немаловажную роль для нашего исследования.

#### *Особенности гидрологических условий*

Ввиду особого ряда хозяйственных и природных особенностей полейдерных земель региона, внимания заслуживает речная сеть, располагающаяся на них [20; 29]. Небольшие уклоны земной поверхности, присущие полейдерам, обуславливают низкую скорость течения воды в реках, что замедляет их способность к самоочищению, а также вызывает их заиление. Подобные свойства, с учетом сильных западных и северо-западными ветров, особенно в осенний и зимний периоды, приводят к сгонно-нагонным явлениям из заливов, что также негативно отражается на качестве воды. Поскольку большая часть полейдеров граничит с ними, то такая проблема является наиболее острой. Неглубокое залегание грунтовых вод на полейдерных массивах и затопляемость территории вызывают образование вымочек и

заболачивание. Усугубляет положение и высокое содержания в них железа, которое в больших количествах попадает в поверхностные воды. Обилие водных ресурсов и их высокая плотность на большей части пойменных земель приводят к тому, что речная сеть имеет высокую транзитную способность, т.е. она становится сильно уязвимой к природному и антропогенному негативному влиянию. Воздействия, связанные с загрязнением воды, отражаются не только вместе их локализации, но также постепенно распространяются на соседние водные объекты и заливы. Дополнительную на неустойчивость речной сети влияют на малые водотоки, которые быстрее реагируют на загрязнение. Все эти природные особенности, в той или мере, косвенно или напрямую, способствуют загрязнению водных объектов [36].

В результате гидрологических расчетов и анализа полученных данных были получены следующие результаты:

– Коэффициенты вариации и асимметрии удовлетворяют условиям  $C_v < 0,6$  и  $C_s < 1,0$ , что позволяет определять их по формулам без введения поправок. Коэффициенты вариации и асимметрии трехпараметрического гамма-распределения практически не отличаются от эмпирических значений. Сами же коэффициенты вариации и асимметрии относительно низкие, что говорит о стабильном поведении и об умеренной положительной асимметрии гидрологических рядов среднегодовых расходов. Всё вышесказанное, в свою очередь, существенно упрощает прогнозирование их поведения и повышает степень доверия к средним многолетним расходам рек и расходам заданной обеспеченности. Рассчитанные коэффициенты вариации и асимметрии, а также полученные на их основе районные соотношения позволяют помимо прочих направлений, более точно генерировать гидрологические ряды среднегодовых расходов при недостаточности данных гидрометрических наблюдений по другим водотокам исследуемой территории.

– Внутригодовое распределение стока исследованных рек характерно для всей Калининградской области, в частности: осенне-зимние паводки, слабо выраженное половодье и летняя межень. Многолетняя структура по различным группам водности не отличается от описанного в работе распределения, но имеет ряд особенностей в связи с изменчивой зимой и режимом работы насосных станций. Отмечена схожесть внутригодового распределения стока между реками, что, при дальнейших исследованиях, позволит проецировать полученные частные результаты на другие участки речной сети.

– Анализ связи между среднемесячными расходами и уровнями воды в реках показал нормальное и стабильное протекание русловых процессов, размыв и заиление слабо влияют на поведение стока, что подтверждается и высокой связью между этими показателями. При анализе связи между среднемесячными расходами рек выявлено, что средние коэффициенты корреляции среднемесячных расходов воды между реками показывают выше 0,77, а порой – 0,90. В целом у исследуемых рек наблюдается однородность водного режима, и демонстрируется хорошая связь между стоком различных водотоков Славского района. И так, появляется возможность проецирования различных характеристик стока по частным водотокам на отдельные участки речной сети.

#### *Химический состав и загрязнение малых водотоков*

С целью оценки современного химического состава воды преобладающих загрязняющих веществ и источников загрязнения нами проведен мониторинг следующих водотоков: Злая, Оса, Немонинка, Шлюзовая. Гидрохимический анализ произведен по 4 гидрологическим сезонам за 2020–2021 гг. по контрольным (К) и фоновым (Ф) пунктам мониторинга. Самые благоприятные сезоны – осенний и зимний, в них в среднем вода класса «загрязненная», а самые неблагоприятные – летний и весенний, поскольку в них вода в среднем характеризуется как «грязная» (рис. 2).

Экология и природопользование  
Спирин Ю.А., Зотов С.И.

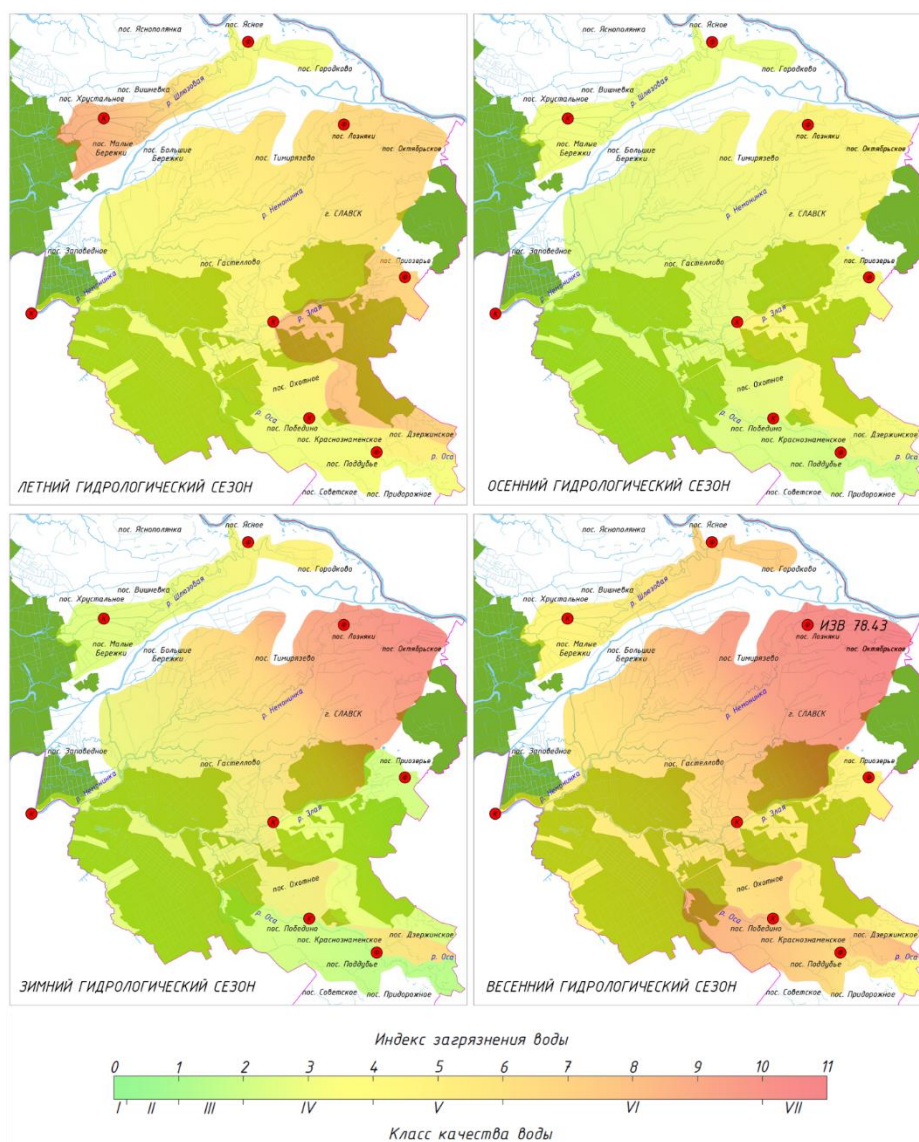


Рис. 2. Межсезонная динамика ИЗВ исследуемых рек [10]

Fig. 2. Interseasonal WPI dynamics of the studied rivers [10]

В летний сезон сильная нагрузка на водные ресурсы обусловлена меженью, интенсивной фазой сельскохозяйственных работ и деятельностью живых организмов водной экосистемы. В осенний период, когда начинается паводок, приходит уменьшение сельскохозяйственной и природной активности, что благоприятно влияет на гидрохимическое состояние водотоков. В зимний период тенденция сохраняется, почти во всех случаях качество воды улучшилось на 20–30%. Причины такого явления те же: паводок сменяется заморозками, фактически полное отсутствие сельскохозяйственной деятельности и снижение активности водной растительности и гидробионтов. Исключением стали реки Шлюзовая (Ф) и Немонинка (Ф), где уровень железа превысил ПДК в 21 и 55 раз соответственно. Это привело к сильному ухудшению общей оценки. В весенний период отметилось самое плохое качество воды несмотря на половодье и еще не совсем активизировавшихся в полной мере живых организмов водной экосистемы. Причина такого фактора – начало сельскохозяйственных работ и высокая водность, которая не только повышает разбавления загрязнений, но и повышает их смыв с прилегающих территорий. Структура загрязнений представлена в табл. 2 и на рис. 3.

Экология и природопользование  
Спирин Ю.А., Зотов С.И.

Таблица 2

Гидрохимическая характеристика водотоков в виде осредненной за 4 сезона кратности превышения ПДК [10]  
Hydrochemical characteristics of watercourses in the form of the multiplicity of the MPC excess averaged over 4 seasons [10]

Водотоки	р. Злая		р. Шлюзовая		р. Немонинка		р. Оса	
	К	Ф	К	Ф	К	Ф	К	Ф
Место отбора проб								
Раств. O <sub>2</sub> , мг/л	<b>7,00</b>	<b>3,72</b>	<b>5,02</b>	<b>3,82</b>	<b>4,03</b>	<b>3,76</b>	<b>4,74</b>	<b>3,47</b>
ХПК, мг/л	0,08	0,10	0,16	0,13	0,12	0,13	0,09	0,10
БПК <sub>5</sub> , мг/л	0,90	<b>1,18</b>	<b>1,32</b>	<b>1,38</b>	<b>1,37</b>	<b>1,28</b>	<b>1,18</b>	<b>1,24</b>
Нитрат-анион, мг/л	0,28	0,19	0,10	0,08	0,38	0,11	0,39	0,39
Нитрит-анион, мг/л	<b>1,52</b>	<b>1,00</b>	<b>1,86</b>	<b>1,04</b>	<b>1,16</b>	<b>1,28</b>	<b>1,09</b>	<b>1,22</b>
Аммоний-ион, мг/л	<b>2,46</b>	<b>2,17</b>	<b>2,47</b>	<b>1,59</b>	<b>2,09</b>	<b>1,72</b>	<b>1,70</b>	<b>1,72</b>
Фосфаты, мг/л	<b>3,38</b>	<b>2,42</b>	<b>1,79</b>	<b>1,84</b>	<b>2,51</b>	<b>1,18</b>	<b>1,61</b>	<b>1,43</b>
Сухой остаток, мг/л	0,38	0,42	0,51	0,44	0,36	0,30	0,35	0,42
Хлориды, мг/л	0,68	0,64	0,39	0,72	0,60	0,72	0,65	0,66
Сульфаты, мг/л	0,58	0,47	0,79	0,68	0,65	2,01	0,58	0,55
Натрий, мг/л	<b>1,64</b>	<b>1,73</b>	<b>1,72</b>	<b>1,58</b>	<b>1,55</b>	<b>1,72</b>	<b>1,60</b>	<b>1,44</b>
Магний, мг/л	0,59	0,68	0,58	0,52	0,63	0,52	0,52	0,53
Железо общее, мг/л	<b>8,26</b>	<b>5,51</b>	<b>5,49</b>	<b>14,36</b>	<b>4,54</b>	<b>31,74</b>	<b>3,20</b>	<b>2,75</b>
Нефтепродукты, мг/л	<b>7,24</b>	<b>9,03</b>	<b>9,81</b>	<b>2,86</b>	<b>3,29</b>	<b>108,12</b>	<b>10,88</b>	<b>3,74</b>

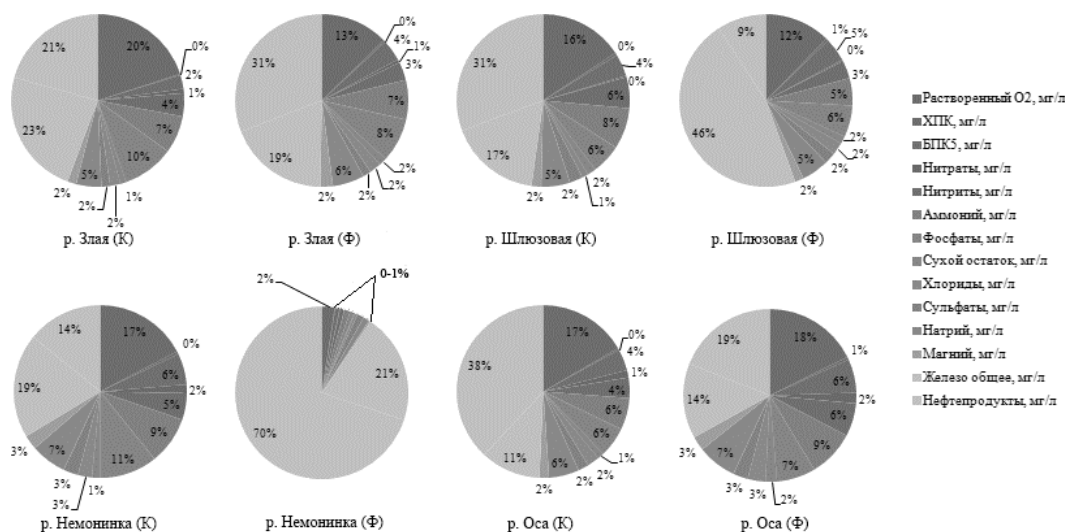


Рис. 3. Гидрохимическая характеристика водотоков в виде распределения осредненной за 4 сезона кратности превышения ПДК [10]

Fig. 3. Hydrochemical characteristics of watercourses in the form of distribution of the MPC excess multiplicity averaged over 4 seasons [10]

С использованием результатов сопряженного анализа всей полученной нами информации рассчитаны массы загрязняющих веществ за 2020–2021 гидрологические годы (рис. 4).

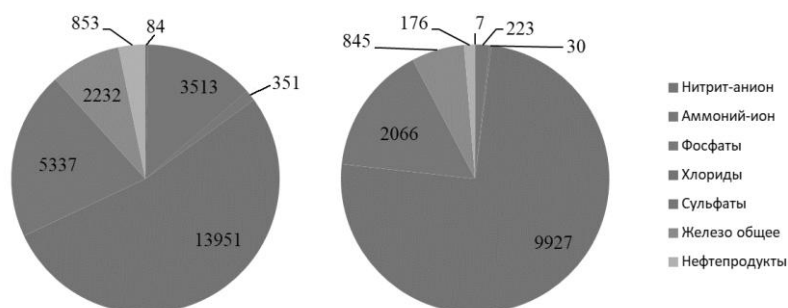


Рис. 4. Суммарное количество загрязнителей по всем контрольным и фоновым точкам по каждому показателю за 2020-2021 гг., т

fig. 4. The total number of pollutants at all control and background points for each indicator, 2020-2021, tons



*Геоэкологическое состояние малых водотоков и их бассейнов*

Критерии оценки геоэкологического состояния бассейнов малых водотоков Славского района и их интенсивность в баллах представлены в табл. 3.

Таблица 3

Критерии оценки геоэкологического состояния бассейнов малых водотоков Славского района и их интенсивность в баллах  
Criteria for assessing the geoeological state of the basins of small watercourses in the Slavsky district and their intensity in points

Критерии	Баллы						
	1	2	3	4	5	6	7
Антропогенная нагрузка							
Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–5,0	5,1–10,0	10,1–25,0	25,1–50,0	> 50,0
Плотность промышленного производства, млн. руб./ км <sup>2</sup>	≤ 0,01	0,02–0,1	0,2–1,0	1,1–3,0	3,1–4,0	4,1–5,0	> 5,0
Распаханность, %	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–5,0	5,1–15,0	15,1–40,0	40,1–60,0	> 60,0
Животноводческая нагрузка, усл. гол/ км <sup>2</sup>	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	3,1–6,0	6,1–10,0	> 10,0
Загрязненность воды							
Превышение концентрации загрязняющих веществ, ИЗВ	≤ 0,1	0,2–1,0	1,1–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–10,0	>10,0
Масса загрязняющих веществ, т/ км <sup>2</sup> в год (азотные соединения)	≤ 0,2	0,3–0,5	0,6–0,9	1,0–2,0	2,1–3,0	3,1–4,0	>4,0
Масса загрязняющих веществ, т/ км <sup>2</sup> в год (фосфаты)	≤ 0,03	0,04–0,05	0,06–0,07	0,08–0,09	0,10–0,20	0,21–0,30	>0,30
Транзитная способность							
Модуль стока, л/с·км <sup>2</sup>	≤ 5,0	5,1–5,4	5,5–5,8	5,9–6,2	6,3–6,6	6,7–7,0	> 7
Густота речной сети, км/км <sup>2</sup>	≤ 0,83	0,84–0,94	0,95–1,04	1,05–1,14	1,15–1,24	1,24–1,34	> 1,34
Способность территории к самоочищению							
Заболоченность, %	≤ 0,1	0,2–1,5	1,6–3,0	3,1–5,0	5,1–7,5	7,6–10	> 10,0
Уровень грунтовых вод, м	> 5,0	5,0–4,1	4,0–3,1	3,0–2,1	2,0–1,1	1,0–0,5	≤ 0,4
Лесистость, %	> 60,0	60,0–40,1	40,0–15,1	15,0–5,1	5,0–1,1	1,0–0,2	≤ 0,1
Озерность, %	> 1,5	1,5–1,3	1,2–1,0	0,9–0,7	0,6–0,4	0,3–0,1	≤ 0,05

Оценка произведена в рамках исследуемых бассейнов рек: Злая, Оса, Немонинка, Шлюзовая (А1–А4). В местах, где бассейны не изучались, рассчитывается и применяется среднее значение оценки (Аобщ). Для «Аобщ», ввиду большой плотности речной сети, нет необходимости производить расчеты указанных критериев относительно каждого речного бассейна, целесообразней провести их относительно общей площади Славского района. Исключение может стать количество загрязняющих веществ, потому что в его определении участвовали лишь характерные водотоки, исходя из этого нужно произвести расчеты относительно изученных площадей речных бассейнов.

На основе результатов нашего исследования и данных из других источников [6; 7; 11] приведем все имеющиеся параметры в сводную таблицу и оценим их интенсивность (табл. 4).

*Экология и природопользование*  
Спирин Ю.А., Зотов С.И.

Таблица 4

Оценка интенсивности учтенных геоэкологических индикаторов водосборной площади  
Славского района по заданным критериям  
Assessment of the intensity of the considered geoecological indicators of the catchment area in the Slavsky district  
according to the specified criteria

Критерии	Значение критерия					Балл по критерию				
	A1	A2	A3	A4	Аобщ	A1	A2	A3	A4	Аобщ
Номер участка										
Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	62,1	5,0	15,2	57,1	14,10	7	3	5	7	5
Плотность промышленного производства, млн. руб./ км <sup>2</sup>	0,16	0,00	2,10	0,00	1,15	3	1	4	1	4
Распаханность, %	40,00	1,00	18,40	33,90	19,44	5	1	5	5	5
Животноводческая нагрузка, усл. гол/ км <sup>2</sup>	25,40	0,00	11,70	25,66	12,60	7	1	7	7	7
Превышение концентрации загрязняющих веществ, ИЗВ	3,44	4,71	14,17	4,56	6,71	4	5	7	5	6
Количество загрязняющих веществ, т/ км <sup>2</sup> в год (азотные соединения)	0,09	0,76	2,24	7,42	2,28	1	3	5	7	5
Количество загрязняющих веществ, т/ км <sup>2</sup> в год (фосфаты)	0,01	0,01	0,20	0,64	0,22	1	1	5	7	6
Модуль стока, л/с·км <sup>2</sup>	6,00	5,90	5,90	5,90	5,90	4	4	4	4	4
Густота речной сети, км/км <sup>2</sup>	1,25	1,25	1,25	1,10	1,20	6	6	6	4	5
Заболоченность, %	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7
Уровень грунтовых вод, м	1,0	1,0	1,0	0,5	0,7	6	6	6	6	6
Лесистость, %	7,27	34,50	38,06	0,00	29,30	4	3	3	7	3
Озерность, %	0,20	0,20	0,20	0,75	0,50	6	6	6	4	5
Сумма баллов по всем критериям	–	–	–	–	–	61	47	70	71	68

Для оценки геоэкологического состояния бассейнов малых водотоков Славского района использована следующая градация состояний: 13–26 баллов – *удовлетворительное*; 27–40 баллов – *слабо напряженное*; 41–54 баллов – *напряженное*; 55–68 – *сильно напряженное*; 69–82 баллов – *конфликтное*; 83 и выше – *критическое*. Полученная оценка включена в рис. 5.

*Геоэкологическая оптимизация хозяйственной деятельности*

Из полученных гидрологических, гидрохимических и геоэкологических данных возникает необходимость создания условий для формирования замкнутых биогеохимических циклов азотных и фосфорных соединений в сельскохозяйственном производстве. С этой целью нужно осуществить следующий комплекс мероприятий по отношению ко всем сельхозугодьям, имеющим на балансе пахотные земли и животноводческие фермы [9; 13; 30]:

– Переход на дробное внесение удобрений. Основным преимуществом дробного внесения минеральных удобрений является то, что вещество используется значительно эффективнее, что позволяет предупредить потери удобрения при влажной весне. Дробное внесение помогает сэкономить средства и значительно снизить экологический ущерб. Для наиболее эффективного применения схемы следует использовать моделирование внесения минеральных удобрений, учитывая погодные данные. Сильные ливни способны вымыть удобрение, и тогда позднее внесение дозы удобрений будет спасительным для урожая [23; 30; 31].

– Определение норм внесения минеральных удобрений на сельскохозяйственные угодья и баланса основных питательных элементов в них. Это позволит сельхозкультурам более эффективно усваивать азотные соединения и фосфаты, что позволит повысить урожайность с меньшими затратами удобрений и уменьшит в их вымывание в водные объекты [25; 32].

Экология и природопользование  
Спирин Ю.А., Зотов С.И.

– Определение возможности применения биологических методов борьбы с паразитами. Такой подход позволит существенно снизить нагрузку не только на водные ресурсы, но и на окружающую среду в целом, поскольку альтернатива в виде пестицидов очень пагубно влияет на нее. Главной проблемой в реализации данного метода отмечается сложность в прогнозировании поведения природы на длительную перспективу [19; 38].

– Профилактика массового распространения вредителей, которая полностью не в состоянии решить эту проблему, однако явится в качестве сопутствующего мероприятия.

– Разработка многоступенчатой системы очистки сточных вод животноводческого происхождения, включающей в себя механические, химические, физические и биологическими методы очистки [12; 16].

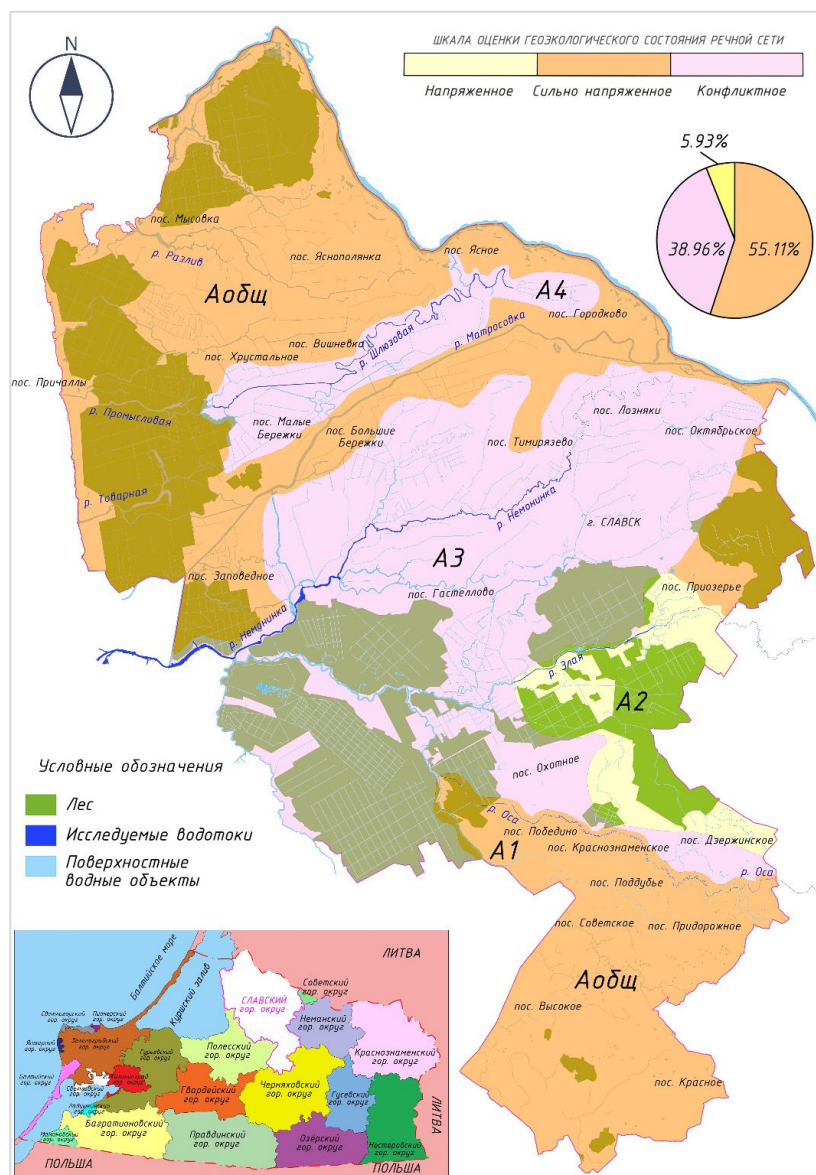


Рис. 5. Пространственная дифференциация геоэкологического состояния бассейнов малых водотоков Славского района

Fig. 5. Spatial differentiation of the geoeological state of the basins of small watercourses in the Slavsky district

загрязнения. Поэтому предпочтение отдается технологиям, построенным на биологической инженерии, благодаря высоким экономическим и экологическим преимуществам, простоте обслуживания и отсутствию вторичного загрязнения. [5; 21; 24; 26; 39].

### Геоэкологическая

оптимизация сельскохозяйственной деятельности, описанная ранее, поможет существенно снизить загрязнения природных вод от стоков сельскохозяйственного происхождения, но она не устранил их полностью или хотя бы в том количестве, чтобы не предпринимать дальнейших мер. Наряду с этим не решен вопрос о полной или частичной очистке уже загрязненных водотоков. При этом решение этих задач должно быть осуществлено с минимальными финансовыми вложениями земледельцами.

Выбор подходящих методов очистки воды важен для восстановления речных экосистем. Классические инженерные решения по очистке воды, которые связаны с различными механическими манипуляциями, имеют высокую стоимость и наносят ущерб речным экосистемам. Химическая обработка всегда считается краткосрочной и дорогостоящей, с возможностью дальнейшего вторичного

Экология и природопользование  
Спирин Ю.А., Зотов С.И.

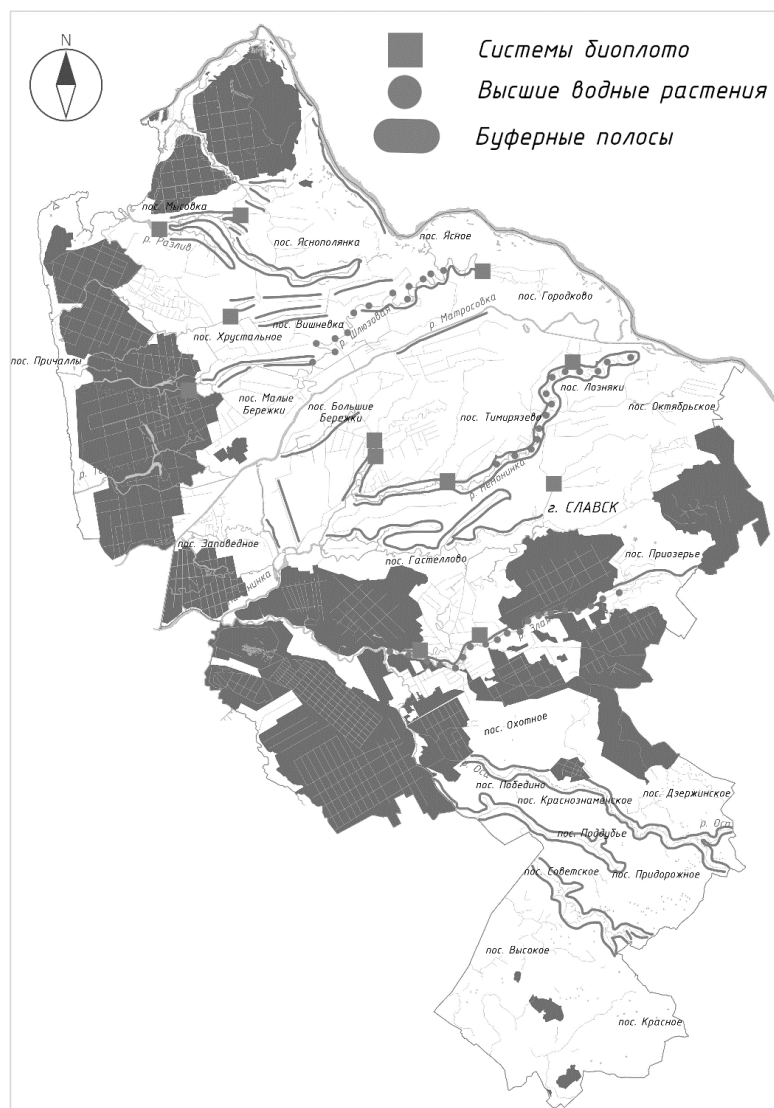


Рис. 6. Расположение систем биологической очистки на польдерном массиве Славского района

Fig. 6. Location of biological treatment systems on the polder massif of the Slavsky district

воды, размещение системы биоплато на основных узлах магистральных каналов, формирование защитных буферных полос вдоль водотоков [22; 27; 37] (рис. 6).

### Заключение

Резюмируя все вышеизложенное, отмечаем следующие геоэкологические аспекты устойчивого развития польдерных земель Калининградской области:

#### 1. Рассмотрение польдеров как сложных природно-хозяйственных системы.

Польдер – осушенный и возделанный низменный участок побережья. Польдеры располагаются на месте низменных заболоченных морских побережий – маршей, часто ниже уровня моря, защищены от моря или других окружающих водоёмов валами, дамбами и другими гидротехническими сооружениями от затопления морскими и речными водами. Уровень грунтовых вод в польдерах регулируется дренажными устройствами, часто с машинной откачкой воды. При интенсивном ведении сельского хозяйства польдерные территории отличаются высоким плодородием и продуктивностью.

Методы биологической очистки в первую очередь должны быть направлены на основные загрязняющие вещества: фосфаты, нитриты, аммоний и нефтепродукты [22]. Исключение из этого списка – железо, поскольку купировать его поступление невозможно, что обесценивает любые методы борьбы с ним. Однако такой загрязнитель, тем более естественного происхождения, можно убрать за скобки и лишь учитывать его при проектировании различных гидротехнических сооружений.

Со всеми перечисленными загрязнителями хорошо «справляются» различные типы растений. Систематизация их посадок должна запустить процессы экологического восстановления водотоков и удерживать большую часть вновь поступающих загрязнений. Поэтому важнейшая мера оптимизации – организация системы пространственно распределенной биологической очистки водотоков высшей водной и древесной растительностью. В её рамках рекомендуются высадка высших водных растений в водотоках с наихудшим качеством

2. **Учёт особенностей гидрологических условий.** Небольшие уклоны земной поверхности присущие польдерам, обуславливают низкую скорость течения воды в реках, что замедляет их способность к самоочищению, а также вызывает их заиление. Подобные свойства, в совокупности с сильными западными и северо-западными ветрами, особенно в осенний и зимний периоды, приводят к стонно-нагонным явлениям из заливов, что также негативно отражается на качестве воды. Поскольку большая часть польдеров граничит с ними, то такая проблема является наиболее острой. Обилие водных ресурсов и их высокая плотность на большей части польдерных земель приводят к тому, что речная сеть имеет высокую транзитную способность, в связи с чем она сильно уязвима к природному и антропогенному негативному влиянию.

3. **Выявление химического состава и загрязнения малых водотоков.** Качество воды в малых водотоках, которые формируют речную сеть польдеров, имеет важное значение для производственных процессов, прежде всего для сельского хозяйства, а также для жизнедеятельности населения. С целью оценки современного химического состава воды, преобладающих загрязняющих веществ и источников загрязнения нами проведен мониторинг следующих водотоков: Злая, Оса, Немонинка, Шлюзовая. Гидрохимический анализ произведен по 4 гидрологическим сезонам за 2020–2021 гг. по контрольным (К) и фоновым (Ф) пунктам мониторинга. Самые благоприятные сезоны – осенний и зимний, поскольку в них в среднем вода класса «загрязненная», а самые неблагоприятные – летний и весенний, в них вода в среднем характеризуется как «грязная».

4. **Оценка геоэкологического состояния малых водотоков и их бассейнов.** Пространственная дифференциация геоэкологического состояния малых водотоков и их бассейнов должна рассматриваться как одна из важных составляющих планирования хозяйственной деятельности и её геоэкологической оптимизации. Проведённое нами ранжирование геоэкологического состояния водосборной площади Славского района показало: 5,93% территории – напряжённое, 38,96% – напряжённое, 56,11% – сильнонапряжённое. Преобладание напряжённой и сильнонапряжённой геоэкологической ситуаций свидетельствует о недостаточно удовлетворительных условиях для жизнедеятельности.

5. **Геоэкологическая оптимизация хозяйственной деятельности.** Геоэкологическая оптимизация имеет комплексный характер и предусматривает следующие мероприятия: формирование замкнутых биогеохимических циклов азотных и фосфорных соединений в сельскохозяйственном производстве; применение биологических методов борьбы с паразитами и профилактика массового распространения вредителей; разработка многоступенчатой системы очистки сточных вод животноводческого происхождения, включающие в себя механические, химические, физические и биологическими методы очистки.

#### Список источников

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс] URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 28.01.20).
2. Ахмедова Н. Р., Великанов Н. Л., Наумов В. А. Оценка качества воды малых водотоков Калининградской области // *Вода: химия и экология*. 2015. № 10. С. 19–24.
3. Белов Н.С., Зотов С.И. Оценка гидроэкологического состояния речных систем Калининградской области // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки*. 2008. № 1. С. 6–16.
4. 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.
5. Войтов И.В., Сушко С.В. Программы восстановления малых рек – перспектива их «второй жизни» // *Труды БГТУ*. 2019. Серия 2. № 1. С. 126–131.
6. Генеральная схема санитарной очистки территории муниципального образования «Славский городской округ» [Электронный ресурс]. URL: <http://slavsk.info/wp-content/uploads/2019/03> (дата обращения: 29.03.19).
7. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В.В. Орленок. Калининград: Изд-во КГУ, ЦНИТ, 2002. 276 с.

## Экология и природопользование

Спирин Ю.А., Зотов С.И.

8. Домнин Д.А. Геоэкологическая оценка и районирование водосборных бассейнов Калининградской области: дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2017. С. 9–16.
9. Зотов С.И., Краснов Е.В., Барина Г.М. Программа оздоровления экологической обстановки в бассейне Балтийского моря (Калининградская область) // Проблемы региональной экологии. 1997. № 1. С. 87–98.
10. Зотов С.И., Спирин Ю.А., Таран В.С., Королева Ю.В. Гидрологические особенности и геоэкологическое состояние малых водотоков полейдерных территорий Калининградской области // Географический вестник. 2021. № 3(58). С. 92–106.
11. Инвестиционная стратегия муниципального образования «Славский городской округ» на период 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <https://slavsk.info/statistika-i-strategija-socialno-jekonomicheskogo-razvitiija> (дата обращения: 29.03.19).
12. Калашиников В.В. Высокопродуктивное экологически чистое животноводство и аквакультура с заданными показателями качества продукции // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 532–535.
13. Коган В.Е., Каранетян К.Г. Экологически безопасные удобрения – основа рационального природопользования // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 08(62). Ч. 2. С. 63–70.
14. Министерство сельского хозяйства Калининградской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://mcx39.ru> (дата обращения: 29.03.19).
15. Седова Е.Ю., Рыбкина И.Д. Особенности использования водных ресурсов и оценка антропогенной нагрузки в бассейне реки Чумыш // Водное хозяйство России. 2018. № 6. С. 28–38.
16. Симонян Г.С., Исахаян М.С., Пирумян Г.П. Влияние животноводства Иджеванского района на гидрохимические показатели воды реки Агстев // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: мат. науч. конф. с между участием / Ростов н/Д: Изд-во ФГБУ «Гидрохимический институт», 2015. С. 113–115.
17. 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.
18. Спирин Ю.А. Оценка геоэкологического состояния малых водотоков полейдерных земель в Калининградской области: дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2022. С. 139–152.
19. Abrol D.P., Shankar U. History Overview and Principles of Ecologically-based Pest Management // History, Overview and Principles. 2012. 1(26). P. 1–23.
20. Aleksander-Kwaterczak U., Plenzler D. Contamination of small urban watercourses on the example of a stream in Krakow (Poland) // Environmental Earth Sciences. 2019. 78:530. P. 1–13.
21. Anawar H.M., Chowdhury R. Remediation of Polluted River Water by Biological, Chemical, Ecological and Engineering Processes // Sustainability. 2020. No. 12. P. 2–15.
22. Ateia M., Yoshimura C., Nasr M. In-situ Biological Water Treatment Technologies for Environmental Remediation: A Review // Journal of J Bioremediation & Biodegradation. 2016. 7(3). P. 1–5.
23. Bokhtiar S. M., Sakurai K. Effects of organic manure and chemical fertilizer on soil fertility and productivity of plant and ratoon crops of sugarcane // Archives of Agronomy and Soil Science. 2005. No. 51. P. 325–334.
24. Chen C.H., Liu, W.L., Leu, H.G. Sustainable water quality management framework and a strategy planning system for a river basin // Environ Manage. 2006. Vol. 38. P. 952–973.
25. Chen J. H. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or Biofertilizer for crop growth and soil fertility // International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. 2006. P. 1–11.
26. Davies B.R., Thoms M., Meador M. An assessment of the ecological impacts of inter-basin water transfers, and their threats to river basin integrity and conservation // Aquatic Conservation. 2010. No 2. P. 325–349.
27. Dorioz J.M., Wang D., Poulenard J., Trevisan D. The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics – A critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscapes in France // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2006. Vol. 117. P. 4–21.
28. Evans A.E., Mateo-Sagasta J., Qadir M., Boelee E., Ippolito A. Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs // Current Opinion in Environmental Sustainability. 2019. Vol. 36. P. 20–27.
29. Hachol J., Bondar-Nowakowska E. An Assessment of the Ecological Status of Diverse Watercourses of Lower Silesia, Poland // Polish Journal of Environmental Studies. 2012. Vol. 21. No. 1. P. 75–81.
30. Hazra G. Different Types of Eco-Friendly Fertilizers: An Overview // Sustainability in Environmen. 2016. Vol. 1. No. 1. P. 54–69.
31. Kaur K., Kapoor K. K., Gupta A. P. Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions // Journal Plant Nutrition and Soil Science. 2005. No. 168. P. 117–122.
32. Madani M. J., H., Mobasser, H. R. Effects of nitrogen fertilization and rice harvest height on agronomic yield indices of ratoon rice-berseem clover intercropping system // Aust. J. Crop Sci. 2011. 5(5). P. 566–574.
33. Nijhuis S. The Noordoostpolder: A Landscape Planning Perspective on the Preservation and Development of Twentieth-Century Polder Landscapes in the Netherlands // In book: Adaptive Strategies for Water Heritage. 2020. Chapter 11. P. 212–229.
34. Nillesen A.L., Kok M. An integrated approach to flood risk management and spatial quality for a Netherlands' river polder area // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2015. vol. 20. P. 949–966.
35. Okunah M., Chapman P.J., Martin-Ortega J., Mitigating P.N. Agricultural Diffuse Pollution: Uncovering the Evidence Base of the Awareness–Behaviour–Water Quality Pathway // Water. 2019. 11. 29. P. 1–19

36. Schreuder Y. The Polder Model in Dutch Economic and Environmental Planning // *Bulletin of Science Technology & Society*. 2001. Vol. 21(4). P. 237–245.
37. Stutter M.I., Chardon W.J., Kronvang B. Riparian Buffer Strips as a Multifunctional Management Tool in Agricultural Landscapes: Introduction // *Journal of Environmental Quality*. 2012. Vol. 21. P. 397–302.
38. Wyckhuys K.A., G., Lu Y., Zhou W. et al. Ecological pest control fortifies agricultural growth in Asia–Pacific economies // *Nature Ecology & Evolution*. 2020. No. 4. P. 1522–1530.
39. Zhang L.A. Study of polluted river remediation by aeration // In proceedings of the 6th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation. 2016. P. 451–461.

### References

1. Automated information system for state monitoring of water bodies, available at: <https://gmvo.skniivh.ru/> (Accessed 28 January 2020) (in Russ).
2. Ahmedova, N.R., Velikanov, N.L., Naumov, V.A. (2015), Assessment of water quality in small streams of the Kaliningrad region, *Water: chemistry and ecology*, no. 10, pp. 19–24 (in Russ).
3. Belov, N.S., Zotov, S.I. (2008), Assessment of the hydroecological state of the river systems of the Kaliningrad region, *Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant. Series: Natural and medical sciences*, no. 1, pp. 6–16 (in Russ).
4. Velikanov, N.L., Naumov, V.A., Markova, L.V., Smirnova, A.A. (2013), Results of field studies of small watercourses on reclaimed lands of the region, *Water: chemistry and ecology*, no. 7, pp. 18–26 (in Russ).
5. Vojtov, I.V., Sushko, S.V. (2019), Programs for the restoration of small rivers – the prospect of their "second life", *Trudy BGTU. Seriya 2* [Proceedings of BSTU. Episode 2], no. 1, pp. 126–131 (in Russ).
6. General scheme for sanitary cleaning of the territory of the municipality "Slavsk urban district", available at: <http://slavsk.info/wp-content/uploads/2019/03> (Accessed 29 March 2019) (in Russ).
7. *Geograficheskij atlas Kaliningradskoj oblasti* (2002) [Geographic atlas of the Kaliningrad region], Ch. ed. V.V. Orlenok. Kaliningrad: Publishing House of KGU, TsNIT (in Russ).
8. Domnin, D.A. (2017), Geocological assessment and zoning of watersheds in the Kaliningrad region: *dis. ... cand. geogr. Sci.*, Kaliningrad, pp. 9–16 (in Russ).
9. Zotov, S.I., Krasnov, E.V., Barinova, G.M. (1997), Program for improving the environmental situation in the Baltic Sea basin (Kaliningrad region), *Problemy regional'noj ekologii* [Problems of regional ecology], no. 1, pp. 87–98 (in Russ).
10. Zotov, S.I., Spirin, Yu.A., Taran, V.S., Koroleva, Yu.V. (2021), Hydrological features and geocological state of small watercourses in the polder territories of the Kaliningrad region, *Geographic Bulletin*, no. 3(58), pp. 92–106 (in Russ).
11. Investment strategy of the municipality "Slavsky urban district" for the period of 2030, available at: <https://slavsk.info/statistika-i-strategija-socialno-jekonomiceskogo-razvitija> (Accessed 29 March 2019). (in Russ).
12. Kalashnikov, V.V. (2019), Highly productive environmentally friendly animal husbandry and aquaculture with specified indicators of product quality, *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, vol. 89, no. 5, pp. 532–535 (in Russ).
13. Kogan, V.E., Karapetyan, K.G. (2017), Ecologically safe fertilizers - the basis of rational environmental management, *International Scientific Research Journal*, no. 08(62), ch. 2, pp. 63–70 (in Russ).
14. Ministry of Agriculture of the Kaliningrad Region, available at: <http://mcx39.ru> (Accessed 29 March 2019) (in Russ).
15. Sedova, E.Yu., Rybkina, I.D. (2018), Peculiarities of the use of water resources and assessment of anthropogenic load in the Chumysh river basin, *Water Economy of Russia*, no. 6, pp. 28–38 (in Russ).
16. Simonyan, G.S., Isahayan, M.S., Pirumyan, G.P. (2015), Influence of animal husbandry in the Ijevan region on the hydrochemical parameters of the water of the Aghstev River, *Sovremennye problemy gidrohimii i monitoringa kachestva poverhnostnyh vod*, Materials of the International Scientific Conference, 8–10 September, Rostov-na-Donu (in Russ).
17. Spirin, Yu.A., Zotov, S.I. (2021), Assessment of the geocological state of surface watercourses in the Slavsk district of the Kaliningrad region (summer hydrological season), *Bulletin of the Saratov University. New episode. Series: Earth Sciences*, vol. 21, iss. 1, pp. 33–43. (in Russ).
18. Spirin, Yu.A. (2022), Assessment of the geocological state of small watercourses of polder lands in the Kaliningrad region: *dis. ... cand. geogr. Sci.* Kaliningrad, pp. 139–152 (in Russ).
19. Abrol, D.P., Shankar, U. (2012), History Overview and Principles of Ecologically-based Pest Management, *History, Overview and Principles*, no. 1(26), pp. 1–23.
20. Aleksander-Kwaterczak, U., Plenzer, D. (2019), Contamination of small urban watercourses on the example of a stream in Krakow (Poland), *Environmental Earth Sciences*, 78:530, pp. 1–13.
21. Anawar, H.M., Chowdhury, R. (2020), Remediation of Polluted River Water by Biological, Chemical, Ecological and Engineering Processes, *Sustainability*, no. 12, pp. 2–15.
22. Ateia, M., Yoshimura, C., Nasr, M. (2016), In-situ Biological Water Treatment Technologies for Environmental Remediation: A Review, *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 7(3), pp. 1–5.
23. Bokhtiar, S.M., Sakurai, K. (2005), Effects of organic manure and chemical fertilizer on soil fertility and productivity of plant and ratoon crops of sugarcane, *Archives of Agronomy and Soil Science*, no. 51, pp. 325–334.
24. Chen, C.H., Liu, W.L., Leu, H.G. (2006), Sustainable water quality management framework and a strategy planning system for a river basin, *Environ Manage*, vol. 38, pp. 952–973.
25. Chen, J.H. (2006), The combined use of chemical and organic fertilizers and/or Biofertilizer for crop growth and soil fertility, *International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*, pp. 1–11.

## Экология и природопользование

Спирин Ю.А., Зотов С.И.

26. Davies, B.R., Thoms, M., Meador, M. (2010), An assessment of the ecological impacts of inter-basin water transfers, and their threats to river basin integrity and conservation, *Aquatic Conservation*, no. 2, pp. 325–349.
27. Dorioz, J.M., Wang, D., Poulenard, J., Trevisan, D. (2006), The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics – A critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscapes in France, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 117, pp. 4–21.
28. Evans, A.E., Mateo-Sagasta, J., Qadir, M., Boelee, E., Ippolito, A. (2019), Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 36, pp. 20–27.
29. Hachol, J., Bondar-Nowakowska, E. (2012), An Assessment of the Ecological Status of Diverse Watercourses of Lower Silesia, Poland, *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 21, no. 1, pp. 75–81.
30. Hazra, G. (2016), Different Types of Eco-Friendly Fertilizers: An Overview, *Sustainability in Environmen*, vol. 1, no. 1, pp. 54–69.
31. Kaur, K., Kapoor, K.K., Gupta, A.P. (2005), Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions, *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, no. 168, pp. 117–122.
32. Madani, M.J., H., Mobasser, H.R. (2011), Effects of nitrogen fertilization and rice harvest height on agronomic yield indices of ratoon rice-berseem clover intercropping system, *Aust. J. Crop Sci*, 5(5), pp. 566–574.
33. Nijhui, S. (2020), The Noordoostpolder: A Landscape Planning Perspective on the Preservation and Development of Twentieth-Century Polder Landscapes in the Netherlands, *In book: Adaptive Strategies for Water Heritage*, chap. 11, pp. 212–229.
34. Nillesen, A.L., Kok, M. (2015), An integrated approach to flood risk management and spatial quality for a Netherlands' river polder area, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 20, pp. 949–966.
35. Okumah, M., Chapman, P.J., Martin-Ortega, J., Mitigating, P.N. (2019), Agricultural Diffuse Pollution: Uncovering the Evidence Base of the Awareness–Behaviour–Water Quality Pathway, *Water*, 11, 29, pp. 1–19
36. Schreuder, Y. (2001), The Polder Model in Dutch Economic and Environmental Planning, *Bulletin of Science Technology & Society*, vol. 21(4), pp. 237–245.
37. Stutter, M.I., Chardon, W.J., Kronvang, B. (2012), Riparian Buffer Strips as a Multifunctional Management Tool in Agricultural Landscapes: Introduction, *Journal of Environmental Quality*, vol. 21, pp. 397–302.
38. Wyckhuys, K.A. G., Lu, Y., Zhou, W. et al. (2020), Ecological pest control fortifies agricultural growth in Asia–Pacific economies, *Nature Ecology & Evolution*, no. 4, pp. 1522–1530.
39. Zhang, L.A. (2016), Study of polluted river remediation by aeration, *In proceedings of the 6th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation*, pp. 451–461.

Статья поступила в редакцию: 22.04.2022; одобрена после рецензирования: 12.07.2022; принята к опубликованию: 19.09.2022.

The article was submitted: 22 April 2022; approved after review: 12 July 2022; accepted for publication: 19 September 2022.

## Информация об авторах

## Information about the authors

**Юрий Александрович Спирин**

Кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры метеорологии и климатологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева; 127550, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 12

**Yuriy A. Spirin**

Candidate of Geographical Sciences, Department of Meteorology and Climatology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

12, Pryanishnikova St., Moscow, Russia, 127550.

e-mail: spirin1234567890@rambler.ru

**Сергей Игоревич Зотов**

Доктор географических наук, профессор, профессор научно-образовательного центра «Геоэкология и морское природопользование», Балтийский федеральный университет имени И. Канта;

**Sergey I. Zotov**

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Scientific and Educational Center 'Geoecology and Marine Resource Management', Immanuel Kant Baltic Federal University;

236041, Россия, г. Калининград, ул. Университетская, 2

2, Universitetskaya St., Kaliningrad, 236041, Russia

e-mail: zotov.prof@gmail.com

**Вклад авторов**

Спирин Ю.А. – сбор материала, обработка материала, написание статьи, создание графического материала.

Зотов С.И. – обработка материала, структурирование материала, научное редактирование, поиск финансирования.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors**

Spirin Yu.A. – collection and processing of the material; writing the paper; creation of the graphic material.

Zotov S.I. – processing and structuring of the material; scientific editing of the text; fundraising.

The authors declare no conflict of interest.