

© Авторы, 2026 г.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors, 2026.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 504.4.054

<https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.347-357>
<https://www.elibrary.ru/ewruvq>

Сезонное и пространственное распределение химического загрязнения водотоков урбанизированной территории с рекреационной специализацией (на примере города Светлогорска Калининградской области)

Е. А. Архипов, С. И. Зотов, Т. А. Яковчук, М. И. Колягина

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия

Резюме. Малые водотоки городов с рекреационной специализацией на побережье Калининградской области испытывают значительную антропогенную нагрузку от коммунально-бытовых стоков и диффузного загрязнения. Однако сезонная динамика и пространственное распределение их химического загрязнения в этих курортных центрах до настоящего времени оставались неизученными. Город Светлогорск имеет статус курорта федерального значения, и качество его водных объектов является важным индикатором экологического благополучия территории. В течение 2025–2026 гг. проведён гидрохимический мониторинг двух водотоков в трех пунктах: ручей Отрадненка и река Светлогорка выше и ниже озера Тихого. Установлено, что приоритетными загрязнителями являются аммоний-ион, фосфат-ион (до 2,5 ПДК), ХПК и общее железо. Сезонная динамика характеризуется летним максимумом и зимним минимумом. ИЗВ варьирует от 0,6 до 3,6. Воды ручья Отрадненка круглый год остаются «умеренно загрязнёнными» или «загрязнёнными». Река Светлогорка выше озера зимой «чистая», летом и осенью загрязняется, а ниже озера в тёплые сезоны качество воды ухудшается максимально.

Ключевые слова: Калининградская область, урбанизированные территории, рекреация, малые водотоки, приоритетные загрязнители, индекс загрязнения вод, сезонная динамика, пространственная изменчивость

Seasonal and spatial distribution of chemical pollution of watercourses in an urbanized area with a recreational specialization (using the example of Svetlogorsk, Kaliningrad Region)

Egor A. Arkhipov, Sergey I. Zotov, Taisiia A. Iakovchuk, Maria I. Kolyagina

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract. Small watercourses of coastal cities with a recreational specialization in the Kaliningrad Region are experiencing significant anthropogenic stress from municipal wastewater and diffuse pollution. However, the seasonal dynamics and spatial distribution of chemical pollution in these resorts have not been sufficiently studied to date. The city of Svetlogorsk has the status of a resort of federal importance, and the quality of its water bodies is an important indicator of the ecological well-being of the area. During 2025–2026, hydrochemical monitoring of two watercourses was carried out at three sampling sites: the Otradnenka stream, the Svetlogorka river upstream and downstream the Tikhoye lake. The results showed that the priority pollutants were ammonium ions, phosphate ions (up to 2.5 times the maximum permissible concentration MPC), chemical oxygen demand (COD), and total iron. Seasonal dynamics were characterized by a summer maximum and a winter minimum. The water pollution index (WPI) ranged from 0.6 to 3.6. The waters of the Otradnenka stream remained either “moderately polluted” or “polluted” throughout the

year round. The Svetlogorka river upstream the lake was classified as “clean” in winter but became polluted in summer and autumn. Downstream of the lake, the water quality deteriorated most markedly during the warm seasons.

Keywords: Kaliningrad Region, urbanized territories, recreation, small watercourses, priority pollutants, water pollution index, seasonal dynamics, spatial variability

Для цитирования: Архипов Е.А., Зотов С.И., Яковчук Т.А., Колягина М.И. Сезонное и пространственное распределение химического загрязнения водотоков урбанизированной территории с рекреационной специализацией (на примере города Светлогорска Калининградской области). *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 3, с. 347–357. <https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.347-357>; <https://www.elibrary.ru/ewruvq>

For citation: Arkhipov E.A., Zotov S.I., Yakovchuk T.A., Kolyagina M.I. Seasonal and spatial distribution of chemical pollution of watercourses in an urbanized area with a recreational specialization (using the example of Svetlogorsk, Kaliningrad Region). *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2026, vol. 10, No. 3, p. 347–357. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.3.347-357>; <https://www.elibrary.ru/ewruvq>

Введение

Малые водотоки составляют основу гидрографической сети Калининградской области – на их долю приходится 96 % от общего числа рек региона [1]. Они выполняют важные средообразующие, дренажные и рекреационные функции, однако из-за низкой водности и ограниченной способности к самоочищению

являются наиболее уязвимым звеном при антропогенном воздействии. В условиях урбанизированных территорий качество воды малых рек становится прямым индикатором экологического благополучия города.

Город Светлогорск Калининградской области – курорт федерального значения, находящийся на побережье Балтийского моря (рис. 1). Такая специализация определяет высокие



Рис. 1. Схема расположения пунктов мониторинга малых водотоков г. Светлогорска.

Fig. 1. The layout of monitoring points for small watercourses in the city of Svetlogorsk.

требования к состоянию окружающей среды, в том числе к водным объектам. Река Светлогорка и расположенное на ней озеро Тихое формируют ядро ландшафтного каркаса города, активно используются населением и гостями курорта [2]. Вместе с тем эти водотоки испытывают значительную антропогенную нагрузку от коммунально-бытовых стоков, ливневых сбросов, а также от диффузного загрязнения с водосбора

Предшествующие исследования малых водотоков на территории Калининграда указывали на эпизодическое загрязнение рек органикой и биогенами [3]. Непосредственно для системы река Светлогорка – озеро Тихое в 2019–2021 гг. были получены данные о мягкой, слабощелочной воде с повышенным содержанием нитритов, органических веществ и общего железа (превышение рыбохозяйственного норматива почти в 10 раз). Качество воды по большинству показателей соответствовало III классу («удовлетворительно чистые»), а по содержанию нитритов и органики – IV классу («загрязнённые») [4].

Рекреационная нагрузка служит значимым фактором ухудшения экологического состояния малых водотоков: рост показателей ХПК, БПК₅ и концентраций биогенных элементов (азот, фосфор) напрямую коррелирует с интенсивностью посещения береговых зон [5]. Кроме того, антропогенная нагрузка, связанная с отдыхом и туризмом, вызывает прямую физическую деградацию экосистем – вытапывание берегов, уничтожение растительности, захламление отходами – что снижает устойчивость долинно-речных комплексов [6]. Водотоки, протекающие в пределах городов, являются одними из наиболее чувствительных индикаторов геоэкологического состояния и испытывают значительную антропогенную нагрузку, а их комплексная оценка позволяет выявить кумулятивный эффект загрязнения [7, 8].

Однако эти работы охватывали главным образом осенне-зимний периоды без детального анализа внутригодовой динамики загрязнения, а также не включали оценку по индексу загрязнения вод (ИЗВ) и не выделяли приоритетные загрязнители в зависимости от сезона. Систематические гидрохимические исследо-

вания малых водотоков г. Светлогорска, охватывающие все фазы водного режима, до настоящего времени не проводились.

Цель данной работы – оценить химическое загрязнение и качество вод малых водотоков г. Светлогорска по результатам гидрохимического мониторинга 2025–2026 гг. с выявлением особенностей сезонных и пространственных изменений.

Задачи исследования:

1. Провести полевой гидрохимический мониторинг трех створов в четыре сезона с охватом всех фаз водного режима.
2. Выявить перечень приоритетных загрязнителей и оценить кратность их превышения ПДК.
3. Рассчитать интегральный индекс загрязнения вод (ИЗВ) для каждого створа и сезона.
4. Оценить влияние озера Тихое на трансформацию качества воды реки Светлогорки путем анализа интегральных показателей качества воды (ИЗВ) и концентраций приоритетных поллютантов в створах выше и ниже водоема.

Объекты и методы исследований

Экономика г. Светлогорска базируется на санаторно-курортном и туристическом обслуживании, основу местной экономики формирует рекреационная функция – комплекс услуг, связанных с проведением отдыха, восстановлением сил и здоровья людей. Большая часть территории отведена под 1 и 2 зоны округов санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения. На 2026 г. численность населения г. Светлогорска составляет 15 тыс. чел., однако в курортный сезон антропогенная нагрузка, связанная с отдыхом и туризмом, возрастает многократно [9].

Поверхностная гидрографическая сеть города представлена малыми водотоками, впадающими в Балтийское море. Основным водотоком является река Светлогорка, берущая начало в лесном массиве. В нижнем течении, в пределах городской черты, на реке образован пруд после постройки плотины на реке в XIII веке, ныне носит название – озеро Тихое

(глубиной в центральной части до 8 м), после которого река впадает в море.

Для изучения гидрохимического состояния малых водотоков г. Светлогорска была организована система мониторинга, включающая три пункта (рис. 1).

Пункт №1 – ручей Отраденка, малый водоток, ширина варьирует от 1,00 м весной до 1,70 м зимой, а глубина изменяется от 0,13 м в летнюю межень до 0,26 м весной. Крайне низкие скорости течения (0,040–0,065 м/с во все сезоны) обуславливают слабопроточный режим воды. В летнюю межень при минимальной глубине и ширине водоток превращается в узкий, слабопроточный ручей, где турбулентное перемешивание практически отсутствует.

Пункт №2 – река Светлогорка выше озера Тихое – характеризуется более благоприятными условиями для разбавления. Ширина русла стабильна (2,30–2,35 м во все сезоны), глубина колеблется от 0,22 м весной до 0,26 м летом. Скорость течения существенно выше, чем в ручье Отраденка: минимальная отмечена зимой (0,155 м/с), максимальная – осенью (0,555 м/с). В летнюю межень при скорости 0,263 м/с и глубине 0,26 м сохраняется умеренный водообмен, что несколько снижает риск застойных явлений. Однако следует учитывать, что именно в этот створ поступают ливневые и поверхностные стоки с центральной части города, включая объекты общественного питания и придомовые территории.

Пункт №3 – река Светлогорка после озера Тихое – находится ниже озера, перед впадением в Балтийское море. Это самый широкий створ наблюдений (2,4–2,6 м) с наибольшими глубинами (до 0,35 м зимой). Скорость течения здесь максимальна среди всех створов: от 0,292 м/с весной до 0,555 м/с летом. Озеро Тихое выполняет роль отстойника: в нём осаждаются взвешенные вещества и происходит частичная трансформация биогенных элементов.

Полевые исследования выполнены в течение 2025–2026 гг. с охватом четырёх основных фаз водного режима: вторая декада апреля 2025 г. (весеннее половодье), вторая декада июля 2025 г. (летняя межень), вторая декада октября 2025 г. (осенний паводочный период)

и первая декада марта 2026 г. (зимний период). Перенос зимнего пробоотбора с января на начало марта связан с аномальными синоптическими условиями января–февраля 2026 г. на территории Калининградской области [10], когда устойчивые отрицательные температуры и осадки привели к длительному промерзанию водотоков, что сделало невозможным отбор проб воды. Отбор проб воды проводили в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб».

Кроме того, для интерпретации сезонной динамики загрязнения одновременно с отбором проб воды в каждом створе фиксировались морфометрические характеристики русла и скорость течения (гидрологическая микровертушка ГМЦМ-1).

Гидрохимические исследования выполнены в лаборатории Высшей школы живых систем БФУ им. И. Канта. Аналитический контроль включал определение комплекса показателей по утвержденным методикам: содержание взвешенных веществ (РД 52.24.468-2019), ХПК (ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003), БПК₅ (ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97), нитратов (ПНД Ф 14.1:2:4-95), нитритов (ПНД Ф 14.1:2:4.3-95), аммонийного азота (ПНД Ф 14.1:2.1-95), фосфатов (ПНД Ф 14.1:2:4.157-99), сухого остатка (ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010), хлоридов (ГОСТ 4245-72), сульфатов (ПНД Ф 14.1:2.159-2000), общего железа (ПНД Ф 14.1:2:3.2-95) и нефтепродуктов (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98). Измерения проводили на двухлучевом спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония), спектрофлуориметра RF-5301PC (Shimadzu, Япония) и системы капиллярного электрофореза (КАПЕЛЬ-105М, Россия).

Оценка загрязнения выполнена путём сравнения измеренных концентраций с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными СанПиН 1.2.3685-21 для водных объектов хозяйственно-бытового значения. Для интегральной характеристики качества вод применялся индекс загрязнения вод (ИЗВ), согласно СП 502.1325800.2021.

Обработка данных с использованием Microsoft Excel (Пакет R) для определения сходимости результатов лабораторных определе-

ний включала расчет стандартных параметров описательной статистики выборок: среднее арифметическое, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения, а также доверительный интервал для среднего при уровне значимости 0,05. Картографическое обеспечение исследований базировалось на данных открытых источников картографических данных [11, 12]. Визуализация данных и построение тематических картографических схем пространственно-временной изменчивости качества вод [13–16] выполнены в графическом редакторе CorelDRAW.

Результаты и обсуждение

Данные гидрохимического мониторинга по четырём сезонам показывают, что все обследованные водотоки испытывают устойчивое загрязнение, характер и интенсивность которого закономерно меняются в зависимости от фазы гидрологического режима.

В весеннее половодье (табл. 1), несмотря на повышенные расходы воды, в водотоках г. Светлогорска фиксируется устойчивое био-

генное загрязнение. Максимальная нагрузка приурочена к ручью Отрадненка, где БПК₅ и ХПК превышают ПДК в 3,7 и 2,6 раза соответственно, а аммоний-ион в 2,2 раза, что свидетельствует о свежем поступлении коммунально-бытовых стоков. На реке Светлогорке выше озера Тихое уровень загрязнения ниже, однако аммоний-ион также превышает норматив. Ниже озера происходит заметное снижение концентраций аммония и органики, что подтверждает аккумулирующую роль озера, которое эффективно осаждает взвеси и частично трансформирует биогенные элементы в весенний период.

В летнюю межень (табл. 1), при минимальных расходах воды, максимальной температуре и пиковой рекреационной нагрузке, качество воды резко ухудшается во всех створах. В ручье Отрадненка концентрации аммоний-иона и фосфат-иона достигают 5,9 и 2,5 ПДК соответственно, что связано с интенсивным использованием моющих средств и поступлением сточных вод от санаторно-курортных объектов. Выше озера Тихое отмечается локальное снижение аммония, но фосфаты и железо превышают нормативы.

Таблица 1. Гидрохимические показатели весной и летом 2025 года в исследуемых водотоках

Table 1. The content of pollutants in the spring and summer of 2025 in the studied watercourses

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ мг/л						ПДК хоз-быт
	Весенний сезон			Летний сезон			
	1	2	3	1	2	3	
рН	7,55	7,62	7,65	7,44	7,25	7,58	6-9
БПК5	14,60	1,70	1,70	6,5	7	8,4	4
Растворенный кислород	5,64	5,65	5,08	5,42	4,95	4,36	>4
Взвешенные в-ва	0,253	0,306	0,235	0,124	0,119	0,113	0,75
Сухой остаток	476,7	220	223,3	31,1	8,3	10,3	1000
Нефтепродукты	0,0252	0,0298	0,0244	0,0326	0,0321	0,0503	0,1
ХПК	77,5	25,8	7,6	42,6	78,1	75,8	30
Нитраты	0,983	0,7053	0,1299	0,463	0,695	0,922	50
Нитриты	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Аммоний-ион	3,339	2,504	1,414	8,784	0,5482	5,70	1,5
Сульфаты	5,401	18,08	25,12	8,98	15,14	36,65	100
Хлориды	11,11	12,9	13,05	47,37	20,34	25	300
Фосфат-ион	0,0601	0,2552	<0,01	2,461	0,8843	<0,01	1
Железо общее	0,495	<0,01	<0,01	2,0386	0,7604	0,374	0,3

Осенью (табл. 2), в фазу паводков, несмотря на некоторое увеличение водности по сравнению с летней меженью, качество воды остаётся напряжённым, а кислородный режим становится критическим. Во всех трёх створах содержание растворённого кислорода опускается ниже 4 мг/л (2,97–3,03 мг/л), что свидетельствует о продолжающемся окислении органического вещества, накопленного за летний сезон. В ручье Отрадненка сохраняются превышения ПДК по БПК₅ (1,4 ПДК), ХПК (2,3 ПДК) и аммоний-иону (1,5 ПДК). На реке Светлогорке выше озера концентрации большинства показателей снижаются до уровней, близких к норме, однако ниже озера вновь фиксируется превышение фосфат-иона (1,1 ПДК) и общего железа (2,7 ПДК).

В зимний период (табл. 2), при установлении ледостава и минимальной биологической активности, происходит относительная стабилизация гидрохимического режима. Концентрации БПК₅, ХПК, аммоний-иона и фосфат-иона во всех створах снижаются до значений ниже ПДК, а содержание растворённого кислорода

возрастает до 5,2–6,1 мг/л благодаря повышенной растворимости газов при низких температурах и сокращению процессов потребления кислорода на окисление органики. Исключение составляет общее железо: в ручье Отрадненка и выше озера Тихое его концентрация превышает норматив в 3,6 и 2,3 раза соответственно, что подтверждает постоянный, не зависящий от сезона характер поступления железа.

Обобщение результатов по всем 12 пробам (три створа, четыре сезона) позволяет выделить группу приоритетных загрязнителей, для которых превышение ПДК носит систематический характер (рис. 2). Аммоний-ион превышает норматив в 50 % проб, достигая максимальной кратности 5,9 ПДК летом в ручье Отрадненка. Фосфат-ион фиксируется выше ПДК в 17 % проб, причём максимальные значения (2,5 ПДК) также приурочены к летней межени. ХПК превышает норматив в 58 % проб, а БПК₅ – в 50 % проб.

Общее железо превышает ПДК в 67 % проб, но его сезонная динамика отличается, даже зимой, при общем улучшении качества воды,

Таблица 2. Гидрохимические показатели осенью 2025 года и зимой 2026 года в исследуемых водотоках
Table 2. The content of pollutants in the autumn of 2025 and winter of 2026 in the studied watercourses

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ мг/л						ПДК хоз-быт
	Осенний сезон			Зимний сезон			
	1	2	3	1	2	3	
рН	7,43	7,46	7,52	7,6	7,88	7,62	6-9
БПК5	5,6	3,4	5,3	1,1	0,6	2,8	4
Растворенный кислород	2,97	3,03	2,98	5,23	5,6	6,05	4
Взвешенные в-ва	0,85	0,06	0,61	0,034	0,101	0,023	0,75
Сухой остаток	520	466,7	303,3	43,3	110,0	153,3	1000
Нефтепродукты	0,0043	0,0123	0,0168	0,0033	0,0102	0,0156	0,1
ХПК	67,6	52,2	61,4	19,2	22,4	25,6	30
Нитраты	7,6	1,366	0,6481	0,01	7,068	4,168	50
Нитриты	<0,01	<0,01	<0,01	0,1095	<0,01	0,0845	0,1
Аммоний-ион	2,21	1,543	0,314	0,3137	0,1174	0,1296	1,5
Сульфаты	37,49	18,29	30,19	34,25	18,68	21,13	100
Хлориды	25,22	16,13	18,52	17,47	12,04	26,25	300
Фосфат-ион	<0,01	0,1025	1,124	0,753	0,304	0,1653	1
Железо общее	0,1116	0,329	0,8224	1,0848	0,676	0,034	0,3

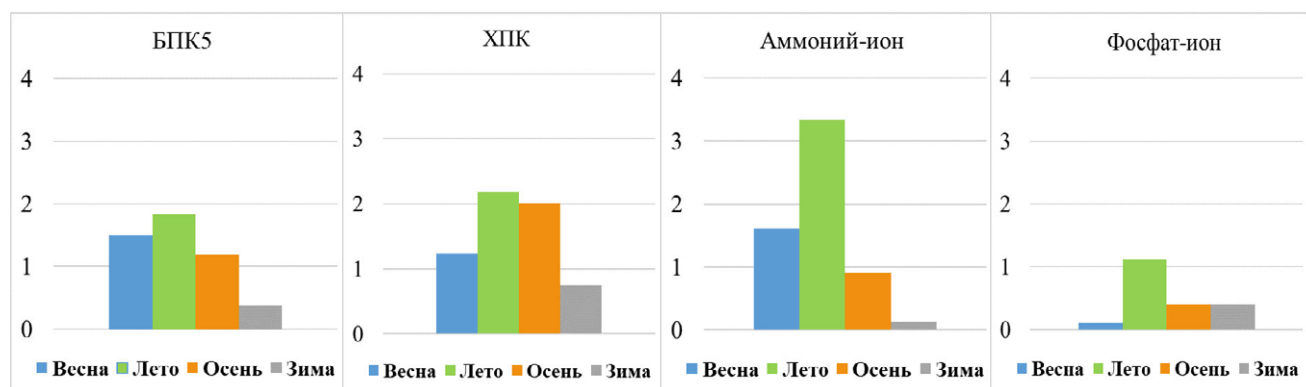


Рис. 2. Сезонная динамика преобладающих загрязнителей водотоков в г. Светлогорске (значения даны в кратности превышения ПДК).
Fig. 2. Seasonal dynamics of priority pollutants of watercourses in the city of Svetlogorsk (values are given as multiples of the MPC).

железо остаётся выше норматива. Такая динамика может говорить о поступлении этого элемента преимущественно от литогенных источников, и в меньшей степени от антропогенных.

Все четыре выделенных приоритетных загрязнителя демонстрируют однотипный сезонный ритм с резким летним максимумом и зимним минимумом, однако амплитуда колебаний различается. Наиболее контрастная динамика характерна для аммоний-иона и фосфат-иона: их средние концентрации возрастают от весны к лету в 2–3 раза, а затем снижаются осенью и достигают минимальных значений зимой. Органическое загряз-

нение (ХПК) также максимально летом, но и весной, и осенью сохраняется на уровне, превышающем ПДК, что указывает на круглогодичное поступление органики. Такая сезонная ритмика тесно связана с гидрологическим режимом: летняя межень с минимальными расходами воды и скоростями течения создаёт условия для накопления загрязнителей, тогда как зимой, несмотря на ледостав, повышенная растворимость кислорода и снижение биологической активности способствуют частичному самоочищению [17].

Для интегральной оценки качества воды рассчитан индекс загрязнения вод (рис. 3).

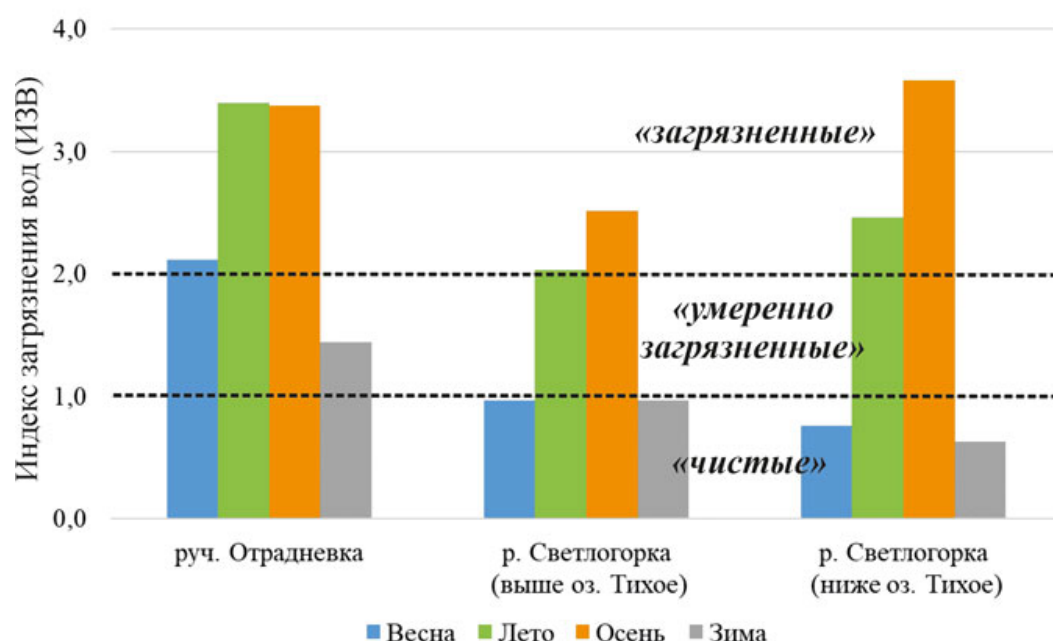


Рис. 3. Сезонная динамика качества вод исследуемых водотоков в г. Светлогорске.

Fig. 3. Seasonal dynamics of water quality of the studied watercourses in the city of Svetlogorsk.

Наиболее неблагоприятный водоток ручей Отраденка, где ИЗВ весной составляет 2,1, летом и осенью достигает 3,4 (категория «загрязнённые»), а зимой снижается до 1,4 («умеренно загрязнённые»). В реке Светлогорке выше озера Тихое качество воды весной и зимой соответствует категории «чистые», но летом и осенью переходит в категорию «загрязнённые». Ниже озера Тихое значения ИЗВ весной и зимой ещё ниже и также соответствуют категории «чистые», а в летний и особенно осенний периоды качество вод значительно снижается, возможно, это указывает на трансформацию озера из аккумулятора загрязнителей в их вторичный источник [18–21].

Пространственное распределение качества вод (рис. 4) обнаруживает, что устойчивая и максимальная антропогенная нагрузка приурочена к ручью Отраденке, протекающему в восточной части города.

В центральной части (р. Светлогорка выше озера) качество воды варьирует от «чистых» до «загрязнённых» с сезонным пиком летом. Ниже озера Тихое, благодаря аккумулирующей функции озера, показатели улучшаются в весенний и зимний периоды, однако летом и осенью озеро само становится источником вторичного загрязнения (вынос биогенных элементов). Пространственный градиент загрязнения направлен от верховий к устью, но с локальным ухудшением после озера в тёплые сезоны.

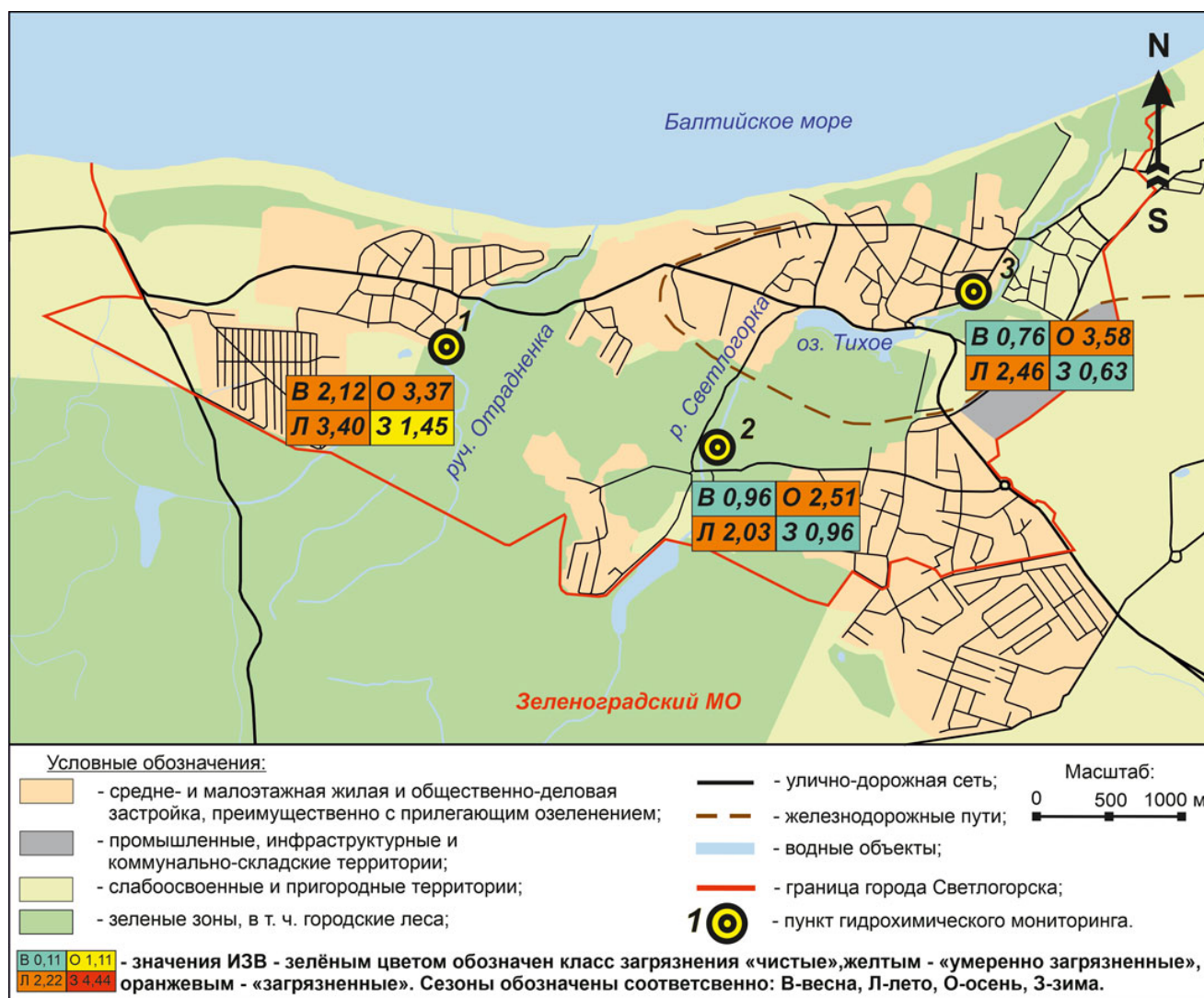


Рис. 4. Сезонное и пространственное распределение качества вод исследуемых водотоков в г. Светлогорске.

Fig. 4. Seasonal and spatial distribution of water quality of the studied watercourses in the city of Svetlogorsk.

Заключение

Проведённые исследования показали, что малые водотоки г. Светлогорска испытывают устойчивую антропогенную нагрузку, формирующую выраженную сезонную и пространственную динамику качества воды. Установлено, что основными источниками загрязнения служат коммунально-бытовые стоки и рекреационная деятельность, а приоритетными поллютантами являются аммоний-ион, фосфат-ион, органические вещества (ХПК, БПК₅) и общее железо. Сезонный ритм характеризуется резким ухудшением в летнюю межень, когда концентрации биогенных элементов достигают максимальных значений, и относительной стабилизацией в зимний период, однако повышенное содержание железа сохраняется круглогодично. Интегральный индекс загрязнения вод варьировал от 0,6 до 3,6, что соответствует категориям от «чистых» до «загрязнённых».

Наиболее неблагоприятным водотоком признан ручей Отрадненка, где качество воды даже зимой не поднимается выше класса «умеренно загрязнённые». Озеро Тихое, выступая в роли естественного отстойника в холодное время года, в тёплые сезоны утрачивает буферную функцию и становится источником вторичного загрязнения, что подтверждается ростом ИЗВ ниже по течению. Полученные результаты свидетельствуют об исчерпании ассимиляционного потенциала водотоков (в первую очередь руч. Отрадненка) под воздействием рекреационного пресса и диктуют необходимость водоохранных мероприятий: модернизации ливневой канализации, организации очистки сточных вод санаторно-курортных объектов.

Список литературы

- Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Гидрогеохимическая характеристика малых рек Калининградской области. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта*. 2011,7:160–166. EDN: NYCUTH
- Алферов В.О., Цветкова Н.Н. Результаты гидрохимического мониторинга реки Светлогорки и оз. Тихого в осенне-зимний период по наблюдениям в 2019–2020 гг. *Вестник молодежной науки*. 2020,5(7):14. DOI: 10.46845/2541-8254-2020-5(7)-14-14
- Архипов Е.А., Платоненко Г.О., Зотов С.И. Оценка химического загрязнения малых водотоков города Калининграда. В кн.: *Проблемы приграничья. Новые траектории международного сотрудничества: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Калининград, 21–24 октября 2025 года*. Калининград: Балтийский федеральный университет им. И. Канта, 2025, т. 9, с. 202–210. EDN: KDQNHU
- Алферов В.О., Цветкова Н.Н. Геоэкологическая характеристика системы река Светлогорка–пруд Тихий по наблюдениям 2019–2021 гг. *Вестник молодежной науки*. 2022. [https://doi.org/10.46845/2541-8254-2022-2-2\(34\)-10-10](https://doi.org/10.46845/2541-8254-2022-2-2(34)-10-10)
- Севостьянова Е.А., Меньшенин А.С., Никрашевская А.Э., Глинская А.С., Цупикова Н.А. Современное экологическое состояние водоемов рекреационного назначения Калининграда. В кн.: *Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: XIII национальная (всероссийская) научно-практическая конференция, Петропавловск-Камчатский, 29-30 марта, 2022*. Петропавловск-Камчатский: 2022, с. 193–197.
- Широкова В.А., Хуторова А.О., Юрова Ю.Д. Оценка антропогенного влияния на экологическое состояние рекреационных зон на примере реки Осётр в Московской области. *Московский экономический журнал*. 2017,(4):50. EDN: ZWIMDJ
- Архипов Е.А., Зотов С.И. Методический подход к геоэкологической оценке урбанизированных территорий. *Геосферные исследования*. 2026,2:187–200. <https://doi.org/10.17223/25421379/39/11>.
- Майорова Л.П., Архипов Е.А., Кошельков А.М. Комплексная оценка экологического состояния урбанизированной территории. *Экология и промышленность России*. 2025,29(5):44–50. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2025-5-44-50>
- Гапанович А.В. Рекреационное зонирование территории Калининградской области. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта*. 2014,1:148–158. EDN: RVLNMZ
- Калининградский ЦГМС — филиал ФГБУ «Северо-Западное УГМС». Гидрометеорологическая обстановка в феврале 2026 г. по Калининградской области. URL: <https://mete039.ru/gidro/531-2026-hydromet-m1-2.html> (дата обращения: 20.05.2026).
- Open Street Map. URL: www.openstreetmap.org (дата обращения 20.12.2025).
- Генеральные планы муниципальных образований. URL: <https://mingrad.gov39.ru/> (дата обращения 20.12.2025).

13. Бегдай И.В., Мишвелов Е.Г., Харин К.В., Шкарет К.Ю. Эколого-геохимическая оценка состояния реки Уруп в зоне действия Урупского ГОК. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2025,(4):94–110. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-4-94-110>
14. Цупикова Н.А., Федоров Л.С. Информационно-аналитическое обеспечение водоохранной деятельности в Калининградской области. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2025,(6):80–99. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-6-80-99>
15. Джамалов Р.Г., Мироненко А.А., Мягкова К.Г., Решетняк О.С., Сафронова Т.И. Пространственно-временной анализ гидрохимического состава и загрязнения вод в бассейне Северной Двины. *Водные ресурсы*. 2019,46(2):149–160. doi: 10.31857/S0321-0596462149-160
16. Lämmchen M., Klasmeier J., Hernandez-Leal L., Berlekamp J. Spatial modelling of micro-pollutants in a strongly regulated cross-border lowland catchment. *Environmental Processes*. 2021,1(8):973–992.
17. Злышко А.С., Чеснокова С.М., Бородин И.А. Антропогенная трансформация и самоочищающая способность малой реки. *Теоретическая и прикладная экология*. 2012,3:44–49. EDN: OIUYSK
18. Закруткин В.Е., Гибков Е.В., Решетняк О.С., Решетняк В.Н. Донные отложения как индикатор первичного и источник вторичного загрязнения речных вод углепромышленных территорий Восточного Донбасса. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2020,2:259–271. <https://doi.org/10.31857/S2587556620020168>
19. Усманов И.А., Магай М.П. Донные отложения как источник загрязнения природных вод. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2020,16(1):73–76. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42562605>
20. Иващенко Т.И., Архипов Е.А. Моделирование взаимосвязи загрязнения донных отложений с внешними факторами на примере р. Силинка, г. Комсомольск-на-Амуре. *Инженерный вестник Дона*. 2024,1(109):334–341.
21. Jiang M., Wang Q., Tian X., Zhu X., Dong X., Wu Z., Yuan Y. Spatiotemporal variation and ecological risk assessment of sediment heavy metals in two hydrologically connected lakes. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022,10:1005194. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1005194>
2. Alferov V.O., Tsvetkova N.N. Results of hydrochemical monitoring of the Svetlogorka river and Tikhoye lake in autumn and winter according to observations in 2019–2020. *Vestnik molodezhnoj nauki = Bulletin of Youth Science*. 2020,5(7):14. (In Russ.). DOI: 10.46845/2541-8254-2020-5(27)-14-14
3. Arkhipov E.A., Platonenko G.O., Zotov S.I. Assessment of chemical pollution of small watercourses in the city of Kaliningrad. In: *Problems of Borderlands. New Trajectories of International Cooperation: Proceedings of the IX International scientific and practical conference, Kaliningrad, October 21–24, 2025*. Kaliningrad: Immanuel Kant Baltic Federal University, 2025, v. 9, p. 202–210. (In Russ.). EDN: KDQHJU
4. Alferov V.O., Tsvetkova N.N. Geoecological characteristics of the Svetlogorka River – Tikhoye Pond system based on observations in 2019–2021. *Vestnik molodezhnoj nauki = Bulletin of Youth Science*. 2022. (In Russ.). [https://doi.org/10.46845/2541-8254-2022-2-2\(34\)-10-10](https://doi.org/10.46845/2541-8254-2022-2-2(34)-10-10)
5. Sevostyanova E.A., Men'shenin A.S., Nikrashevskaya A.E., Glinskaya A.S., Tsupikova N.A. Current ecological state of recreational water bodies in Kaliningrad. In: *National (All-Russian) Scientific and Practical Conference "Natural Resources, Their Current State, Protection, Commercial and Technical Use"*. 2022. (In Russ.)
6. Shirokova V.A., Khutorova A.O., Yurova Yu.D. Assessment of anthropogenic impact on the ecological state of recreational areas on the example of the Osetr river in the Moscow Region. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal*. 2017,4:50. (In Russ.). EDN: ZWIMDJ
7. Arkhipov E.A., Zotov S.I. Methodological approach to geoecological assessment of urbanized territories. *Geosfernye issledovaniya = Geosphere Research*. 2026,2:187–200. (In Russ.) <https://doi.org/10.17223/25421379/39/11>
8. Mayorova L.P., Arkhipov E.A., Koshel'kov A.M. Comprehensive assessment of the ecological state of an urbanized territory. *Ecology and Industry of Russia*. 2025,29(5):44–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2025-5-44-50>
9. Gapanovich A.V. Recreational zoning of the Kaliningrad Region. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta = Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University*. 2014,1:148–158. (In Russ.). EDN: RVLNMZ
10. Kaliningradskij TsGMS – filial FGBU «Severo-Zapadnoe UGMS». Hydrometeorological situation in February 2026 in the Kaliningrad region. URL: <https://meteo39.ru/gidro/531-2026-hydromet-m1-2.html> (accessed: 20.05.2026). (In Russ.)

References

11. Open Street Map. URL: www.openstreetmap.org (accessed: 20.12.2025).
12. General plans of municipalities. URL: <https://mingrad.gov39.ru/> (accessed: 20.12.2025). (In Russ.)
13. Begdaj I.V., Mishvelov E.G., Kharin K.V., Shkaret K. Yu. Ecogeochemical assessment of the state of the Urup River in the zone of influence of the Urup Mining and Processing Plant. *Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie = Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2025,(4):94–110. (In Russ.). <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-4-94-110>
14. Tsupikova N.A., Fedorov L.S. Information and analytical support for water protection activities in the Kaliningrad Region. *Vodnoe khozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie = Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2025,(6):80–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-6-80-99>
15. Dzhamalov R.G., Mironenko A.A., Myagkova K.G., Reshetnyak O.S., Safronova T.I. Spatio-temporal analysis of hydrochemical composition and water pollution in the Northern Dvina basin. *Water Resources*. 2019,46(2):149–160. (In Russ.). doi: 10.31857/S0321-0596462149-160
16. Lämmchen M., Klasmeier J., Hernandez-Leal L., Berlekamp J. Spatial modelling of micro-pollutants in a strongly regulated cross-border lowland catchment. *Environmental Processes*. 2021,1(8):973–992.
17. Zlyvko A.S., Chesnokova S.M., Borodina I.A. Anthropogenic transformation and self-purification capacity of a small river. *Theoretical and Applied Ecology*. 2012,3:44–49. (In Russ.). EDN: OIUYKC
18. Zakrutkin V.E., Gibkov E.V., Reshetnyak O.S., Reshetnyak V.N. Bottom sediments as an indicator of primary and a source of secondary pollution of river waters in coal-mining areas of the Eastern Donbass. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2020,2:259–271. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587556620020168>
19. Usmanov I.A., Magaj M.P. Bottom sediments as a source of pollution of natural waters. *Ekologicheskij Vestnik Severnogo Kavkaza = Ecological Bulletin of the North Caucasus*. 2020,16(1):73–76. (In Russ.). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42562605>
20. Ivashchenko T.I., Arkhipov E.A. Modeling of the relationship between pollution of bottom sediments and external factors on the example of the Silinka river, Komsomolsk-on-Amur. *Inzhenernyj vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2024,1(109):334–341. (In Russ.).
21. Jiang M., Wang Q., Tian X., Zhu X., Dong X., Wu Z., Yuan Y. Spatiotemporal variation and ecological risk assessment of sediment heavy metals in two hydrologically connected lakes. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022,10:1005194. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1005194>.

Об авторах

✉ Архипов Егор Александрович, аспирант, Институт естественных наук, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», Калининград, Россия, egor.arhipov2000@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0007-8946-2648>

Зотов Сергей Игоревич, доктор географических наук, профессор, Институт естественных наук, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», Калининград, Россия, zotov.prof@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-6509-7398>

Яковчук Таисия Андреевна, студент, Институт естественных наук, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», Калининград, Россия, tayataya010705@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0008-0883-9536>

Колягина Мария Игоревна, студент, Институт естественных наук, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», Калининград, Россия, mikoljagina@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0001-2922-4433>

Поступила 19.06.2026

Принята к публикации 26.08.2026

About the Authors

✉ Arkhipov, Egor A., Postgraduate Student of the Institute of Natural Sciences, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, egor.arhipov2000@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0007-8946-2648>

Zotov, Sergey I., Doctor of Geography, Professor of the Institute of Natural Sciences, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, zotov.prof@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-6509-7398>

Iakovchuk, Taisiia A., Student of the Institute of Natural Sciences, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, tayataya010705@gmail.com. <http://orcid.org/0009-0008-0883-9536>

Kolyagina, Maria I., Student of the Institute of Natural Sciences, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, mikoljagina@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0001-2922-4433>

Received 19 June 2026

Accepted 26 August 2026