

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ УСТЬЯ РЕКИ ВЕЛИКОЙ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО РЯДУ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

© 2024

Тимофеев И.В., Никольская Л.В.

Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация)

Аннотация. Целью нашего исследования стало изучение динамики качества воды устья реки Великой в вегетационный период 2023 года по ряду гидрохимических и гидробиологических показателей. Представлены данные гидрохимического и санитарно-микробиологического мониторинга, проведённого в вегетационный период 2023 года, природного водоёма – устья реки Великой. Акватория изучена на основании данных анализа 5 станций. Был определён 21 гидрохимический показатель. Определён класс качества воды по индексу загрязнения воды. В санитарно-микробиологический мониторинг входило определение ОМЧ аллохтонной и автохтонной микрофлоры. Из результатов следовало, что водоём испытывает в большей степени бактериальное давление, чем химическое. Превышенное значение жёсткости объясняется геологическими особенностями региона, а повышенные значения БПК-5 в некоторые сезоны могут быть вызваны естественными процессами и загрязнением водоёма. Значения интегральной оценки загрязнённости находились в интервале 1,88–2,29. Качество вод характеризуется в переходном значении III–IV класса качества вод. По оценке воды по усреднённым показателям бактериального загрязнения воды были отнесены к умеренно загрязнённым, однако в летнее время в одной точке пробы воды относились к загрязнённым. Воды характеризуются как «умеренно загрязнённые», что соответствует средней концентрации гидромикробиоты в порядках 10^3 (КОЕ)/мл.

Ключевые слова: мониторинг; гидрохимический состав; санитарно-микробиологический анализ; качество воды; приозёрная экосистема; река Великая; Псковская область.

COMPREHENSIVE MONITORING OF THE WATER QUALITY OF THE VELIKAYA RIVER ESTUARY BY A SET OF HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL INDICATORS (PSKOV REGION)

© 2024

Timofeev I.V., Nikolskaya L.V.

Pskov State University (Pskov, Russian Federation)

Abstract. The purpose of our study was to study the dynamics of the water quality of the Velikaya River estuary in the growing season of 2023 according to a number of hydrochemical and hydrobiological indicators. The data of one-year hydrochemical and sanitary-microbiological monitoring of a natural reservoir – the mouth of the Velikaya River are presented. The water area was studied based on data from the analysis of 5 stations. 21 hydrochemical indicators were determined. The water quality class has been determined according to the water pollution index. The sanitary and microbiological monitoring included the determination of OHMS of allochthonous and autochthonous microflora. It followed from the results that the reservoir is experiencing bacterial pressure largely than chemical pressure. The geological features of the region explain the exceeded hardness value, and natural processes and pollution of the reservoir may cause the increased values of BOD-5 in some seasons. The values of the integrated pollution assessment were in the range of 1,88–2,29. Water quality is characterized in the transitional value of water quality class III–IV. According to the water assessment, according to the average indicators of bacterial contamination, the waters were classified as moderately polluted, but in the summer at one point, the water samples were classified as polluted. The waters are characterized as "moderately polluted", which corresponds to an average concentration of hydromicrobiota in the order of 10^3 (CFU)/ml.

Keywords: monitoring; hydrochemical composition; sanitary and microbiological analysis; water quality; lake ecosystem; Velikaya River; Pskov Region.

Введение

В важной тематике охраны окружающей среды Псковской области ключевое значение имеет комплексный мониторинг качества воды устья реки Великой, которая является одной из самых крупных и протяжённых по региону. Исследуемый водный объект испытывает негативное воздействие в результате изменения климатических условий и влияния индустриальной инфраструктуры муниципалитетов. Поэтому данный участок устья реки Великой становится особенно уязвимым, требуя особой оценки и контроля [1].

Комплексный мониторинг качества воды устья реки Великой позволяет прогнозировать возможные экологические катастрофы, связанные с нарушением баланса экосистемы [2; 3]. Он является инструментом для разработки и оптимизации системы охраны окружающей среды, также организации поддержки экологической стабильности.

Реализация комплексного мониторинга качества воды позволяет не только устанавливать фактическое состояние реки в настоящий момент, но и прогнозировать последствия изменения природных условий и антропогенного воздействия. Это, в свою оче-

редь, позволяет разработать и внедрить эффективные стратегии и мероприятия по защите и восстановлению экосистемы реки Великой Чудско-Псковского водоёма, обеспечению устойчивого развития региона в целом [3].

Таким образом, целью нашего исследования стало изучение динамики качества воды устья реки Великой в вегетационный период 2023 года по ряду гидрохимических и гидробиологических показателей.

Устье реки Великой (по некоторым источникам также дельта реки Великой) – является южным водоразделом Псковского озера и реки Великой. Акватория представляет собой систему 40 заболоченных островков, в пределах которых река Великая разделяется на несколько крупных и мелких протоков: Гладышная, Средняя, Ворона, Тихая, Мокренькая, Выкупка. С южной стороны дельтовидного водораздела впадает река Листовка.

Устье имеет трапециевидную форму. Длина составляет 4,2 км, ширина – до 4,0 км, площадь – 2,7 км² [1]. Территория устья характеризуется рядом мезомасштабных неоднородностей, в результате чего задерживается движение воздушных масс в черте дельты, что приводит к локальному повышению температура воздуха. В итоге климат вегетационного периода в дельте представлен тёплым и солнечным, наблюдается пониженное число атмосферных осадков, характерны ветра южного и юго-западного направления [4].

Акватория имеет ряд источников антропогенной нагрузки. Во-первых, вместе с течением реки Великой приносятся стоки, сливаемые в пределах городской черты, а также водами Листовки. Во-вторых, в дельте располагается ряд мелких деревень, которые

оказывают влияние в результате хозяйственно-бытовой деятельности: Муровицы, Горки, Большая Листовка, Ваймицы, Устье, Щиглицы и др. В-третьих, на химический состав воды влияют стоки промышленных предприятий, например, завода по производству консервов из рыбы и морепродуктов «Балт Фиш плюс» в деревне Щиглицы, а также естественные смывы с сельскохозяйственных полей и животноводческой фермы, располагающейся в окрестностях деревни Муровицы. Остальная часть влияния приходится со стороны вод Псковского озера, Чудско-Псковского водоёма в целом.

Важность мониторинга качества вод дополняется тем, что экосистема устья является важным элементом в жизни представителей орнитофауны, ихтиофауны, помимо чего имеет высокую рекреационную значимость для населения.

Материалы и методы исследования

Отбор проб воды проводился согласно ГОСТ 59024-2020 в период с мая по октябрь 2023 года на пяти точках устья (рис. 1), в ясную, сухую погоду.

Работа выполнялась на базе научно-исследовательской лаборатории комплексных экологических исследований. Был определен 21 гидрохимический показатель.

Непосредственно при отборе проб были определены температура и мутность воды лабораторным ртутным термометром ТЛ-4 и диском Секки соответственно. Амперометрическим методом определено содержание РК на анализаторе растворённого кислорода МАРК-303Э, водородный показатель среды (рН) на приборе для измерения рН/температуры TESTO 206 [5].



Рисунок 1 – Точки пробоотбора воды устья реки Великой

В лаборатории пробы анализировались в течение 6 часов после отбора. Ионный состав воды определялся методом капиллярного электрофореза системой «Капель-205». Группа определяемых катионов включала: NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Li^+ -ион; анионов: NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Cl^- , SO_4^{2-} -ион [6; 7]. Для определения точного содержания аммония, нитратов, нитритов, фосфатов, сульфатов и хлоридов параллельно проводились исследования фотометрическим методом по соответствующим методикам ПНД Ф, при удовлетворительной воспроизводимости, вычислялось среднее арифметическое полученных результатов. Для оценки вклада изученных металлических катионов, была определена жёсткость воды титриметрическим методом с Трилоном Б (Комплексон III) [8]. Анализ общего химического загрязнения органическими веществами был проведен параметрами бихроматной окисляемости, легкоокисляемых органических веществ – БПК-5 [9; 10].

Для определения бактериального загрязнения параллельно отбирались пробы воды по ГОСТ 24849-2014. Определялось общее микробное число (ОМЧ) при двух температурных вариациях: $+22^\circ\text{C}$ и $+37^\circ\text{C}$. Исследуемая проба высевалась в 6 разбавлениях, после пересчёта определялось среднее ОМЧ. При $+22^\circ\text{C}$

вырастает автохтонная микрофлора, представленная, как правило, не патогенными сапрофитными бактериями, составляющими бактериальный фон и осуществляющими долю всех биохимических процессов водной экосистемы. При $+37^\circ\text{C}$ происходит рост условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, в том числе *Escherichia coli*, составляющих аллохтонную микрофлору водоёма. По соотношению ОМЧ $22^\circ\text{C}/37^\circ\text{C}$ оценивается завершённость процессов самоочищения водоёма (Кс), отражающая бактериальный ответ микроценоза водоёма на химический фон воды [11].

Для оценки класса качества воды применялся индекс загрязнения вод (ИЗВ), рассчитанный по гидрохимическим показателям, определялся по балльной системе, предложенной В.К. Шитиковым [12].

Параллельно производилась оценка качества вод по значениям общего микробного числа сапрофитных бактерий.

Также для подтверждения класса качества были рассмотрены данные гидробиологов Псковского государственного университета.

Результаты и обсуждение

В таблицах 1 и 2 представлены результаты гидрохимического мониторинга по 21 показателю.

Таблица 1 – Значения общих показателей и содержания биогенных веществ в водах устья реки Великой в вегетационный период 2023 г.

№ точки	Месяц	Мутность, см	T, $^\circ\text{C}$	pH	РК, $\text{мгO}_2/\text{л}$	NH_4 , мг/л	NO_2 , мг/л	NO_3 , мг/л	PO_4 , мг/л	ХПК, $\text{мгO}_2/\text{л}$	БПК-5, $\text{мгO}_2/\text{л}$
№ 1	V	160	14,2	7,19	9,45	0,36	0,01	2,15	0,07	11,91	4,07
	VI	160	23,8	8,45	11,50	0,35	0,04	0,88	0,01	9,44	3,23
	VII	150	23,4	8,26	9,71	0,45	0,09	1,25	0,01	7,37	2,52
	VIII	125	20,4	7,81	6,57	0,68	0,04	0,29	0,04	5,12	1,75
	IX	140	10,1	8,35	7,01	0,46	0,05	1,14	0,03	4,56	2,01
	X	110	9,5	7,13	10,99	0,60	0,06	0,95	0,14	2,84	1,25
№ 2	V	190	14,8	7,22	10,05	0,36	0,01	2,11	0,06	11,03	3,96
	VI	165	24,0	8,15	11,80	0,26	0,01	0,93	0,00	9,01	3,39
	VII	140	23,6	8,14	8,10	0,35	0,07	1,50	0,00	6,55	2,42
	VIII	240	21,0	7,80	6,18	0,44	0,03	0,09	0,03	0,99	0,43
	IX	220	12,4	7,66	12,76	0,35	0,03	1,16	0,02	2,77	1,24
	X	200	9,1	7,66	13,10	0,47	0,00	0,95	0,15	4,66	2,09
№ 3	V	190	15,0	7,19	10,06	0,36	0,01	2,26	0,08	10,77	3,85
	VI	210	24,4	7,85	11,40	0,28	0,06	1,43	0,00	4,29	1,61
	VII	220	23,6	8,05	7,52	0,27	0,06	1,25	0,05	5,11	1,92
	VIII	315	21,0	7,85	6,19	0,43	0,02	0,12	0,04	3,35	1,26
	IX	250	13,8	7,75	7,45	0,34	0,04	1,26	0,04	3,72	1,64
	X	240	7,1	7,55	11,78	0,57	0,07	0,72	0,11	2,45	1,08
№ 4	V	210	15,1	7,21	10,67	0,36	0,01	2,61	0,09	10,40	3,75
	VI	195	26,1	8,16	12,90	0,60	0,07	0,90	0,04	16,84	1,77
	VII	200	23,7	7,71	6,45	0,38	0,08	1,23	0,00	1,84	0,70
	VIII	220	20,9	7,70	6,24	0,51	0,02	0,09	0,05	5,13	1,93
	IX	215	19,7	7,94	6,78	0,46	0,04	1,21	0,04	1,98	0,93
	X	185	8,7	7,76	9,17	0,46	0,05	0,91	0,16	4,60	2,16
№ 5	V	175	15,2	7,26	10,56	0,36	0,01	2,17	0,06	9,59	3,64
	VI	170	25,1	8,26	12,70	0,28	0,03	2,17	0,02	12,94	2,88
	VII	160	23,6	8,18	7,68	0,31	0,10	1,46	0,01	5,16	1,94
	VIII	165	21,5	7,93	6,24	0,45	0,03	0,16	0,05	6,49	2,44
	IX	165	18,4	8,39	8,94	0,35	0,04	1,49	0,04	2,43	1,09
	X	180	9,2	7,99	9,84	0,38	0,01	0,95	0,15	3,28	1,47
ПДК		–	–	6,5–8,5	>4,00	0,50	3,30	45	0,20	15,00	2,10

Таблица 2 – Содержание показателей минерального состава вод устья реки Великой в вегетационный период 2023 г.

№ точки	Месяц	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Ж°	K ⁺ , мг/л	Na ⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Sr ²⁺ , мг/л	Ba ²⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л
№ 1	V	5,60	7,51	7,15	1,95	4,82	8,64	1,37	0,14	39,26
	VI	9,59	10,22	7,25	1,90	7,17	11,46	1,09	0,15	47,06
	VII	12,98	12,21	7,15	2,03	10,02	12,95	0,74	0,15	46,23
	VIII	16,68	14,37	7,13	2,50	10,77	14,52	1,28	0,26	48,25
	IX	11,21	11,08	7,13	2,09	8,20	11,89	1,12	0,18	45,20
	X	13,62	13,70	7,11	2,53	8,82	12,47	1,02	0,11	46,53
№ 2	V	5,45	7,47	7,25	1,83	5,09	8,58	1,18	0,07	39,23
	VI	9,63	10,14	7,15	1,80	6,83	11,24	1,18	0,15	46,58
	VII	15,66	30,86	7,10	2,36	12,00	13,42	0,85	0,15	48,11
	VIII	17,41	14,98	7,09	2,64	11,98	15,27	1,16	0,18	50,95
	IX	12,04	15,86	7,02	2,16	8,98	12,13	1,09	0,14	46,22
	X	14,72	14,02	6,96	2,56	9,60	12,87	1,14	0,14	47,66
№ 3	V	5,83	7,59	7,05	1,78	4,87	8,47	1,16	0,07	38,25
	VI	10,04	9,74	7,10	1,97	7,15	11,15	0,98	0,09	45,59
	VII	20,74	16,02	7,20	10,01	10,83	13,54	1,24	0,22	48,69
	VIII	19,20	15,10	7,50	2,66	12,76	15,49	1,54	0,18	50,93
	IX	13,95	12,11	7,58	4,10	8,90	12,16	1,23	0,14	45,87
	X	17,56	14,60	7,72	2,82	11,30	13,63	1,47	0,21	49,76
№ 4	V	6,47	9,40	6,90	0,93	5,19	8,95	1,24	0,06	40,63
	VI	15,97	12,31	7,10	1,80	9,56	12,71	1,15	0,14	46,97
	VII	15,65	14,77	6,95	2,17	9,95	3,13	0,83	0,20	45,24
	VIII	18,58	13,30	6,99	2,21	11,28	14,54	1,31	0,23	45,99
	IX	14,17	12,45	7,01	1,78	9,00	9,83	1,13	0,15	44,71
	X	15,76	14,09	7,02	2,78	10,48	13,51	1,27	0,20	50,65
№ 5	V	5,80	8,14	7,15	1,90	4,73	8,99	1,14	0,10	41,19
	VI	10,22	10,94	7,15	2,43	7,52	11,63	0,92	0,17	47,76
	VII	15,04	14,08	7,15	2,20	10,06	13,76	1,17	0,21	50,11
	VIII	17,90	15,10	7,20	2,63	12,05	15,12	1,19	0,26	50,06
	IX	12,24	12,06	7,20	2,29	8,59	12,38	1,10	0,18	47,28
	X	14,72	14,20	7,20	2,78	9,74	13,19	0,99	0,12	50,94
ПДК		300	100	7,00	20,00	200,00	80,00	8,00	0,70	130,00

Определение температурного режима складывалась в следующую закономерность: процесс нагревания водоёма длился с мая по июнь, достигая пиков температуры воды; значения в июне варьировали в пределах +23,8...+26,1°С, далее температура снижалась вплоть до октября. В общем и целом, гидротермальный режим устья реки Великой имел размах от +7,1 до +26,1°С в вегетационный период. Подобная зависимость соответствует климату Псковской области, при котором наиболее теплым месяцем является июнь.

Динамика значения pH воды устья Великой характеризовалась стабильно слабощелочными свойствами, значения показателя находились в диапазоне 7,13–8,45 pH. Однако стоит отметить, что во всех исследованных точках в весенний период (май) наблюдался сдвиг в нейтральную среду (pH 7,13–7,26) [13].

Наличие в воде тонкодисперсных и коллоидных частиц органической и неорганической природы определяют значения мутности, которые варьировали от 110 до 315 см и изменялись в соответствии с изменениями температуры: с весны мутность повышается, максимальные значения достигаются в июне–июле. Во время отбора вода была желтоватого окраса в сосуде, в водоёме имела коричневато-жёлтый

оттенок. По геоморфологическим сводкам Н.В. Карпухиной территория устья характеризуется интенсивными процессами заболачивания, также побережье сложено моренными суглинками, которые перекрыты тонким слоем песка, а на заболоченных участках ещё и торфом [14]. Это оказывает прямое влияние на повышение мутности, за счёт растворения гуминовых веществ и других органических соединений.

Значение жёсткости воды варьировалась в пределах 6,90–7,72 Ж°, таким образом, находилось в пределах 7,00 Ж°, что позволяет отнести её к категории вод средней жёсткости. Высокие значения жёсткости объясняются содержанием кальция и магния – в среднем 46,90 и 11,92 мг/дм³ соответственно. Псковская область известна своими большими залежами известняковых и доломитовых пород, образовавшихся в верхнем девоне, размывание которых обуславливает внесение этих щелочноземельных металлов в водный раствор.

При оценке средних количественных соотношений основные биогенные элементы распределились в ряд по анионам Cl⁻ > SO₄²⁻ > NO₃⁻ > PO₄³⁻ > NO₂⁻; по катионам Ca²⁺ > Mg²⁺ > Na⁺ > K⁺ > Sr⁺ > NH₄⁺ > Ba²⁺ > Li⁺. Таким образом, по имеющимся показателям устье реки Великой характеризуется *хлоридно-сульфатным*

кальциево-магний составом. При этом содержание лития в воде сводилось к 0,00 мг/л. В рамках наших исследований не был проведён анализ содержания гидрокарбонат- и карбонат-ионов, но учитывается факт, что Псковскую область слагают карбонатные горные породы, являющиеся солями углекислоты кальция и магния, в воде наблюдается высокое содержание углекислоты. Поэтому можно предположить, что вода будет иметь (гидрокарбонатно/карбонатно)-хлоридный кальций-магний состав.

В результате определения органического загрязнения в водах устья обнаружено не превышающее значения ПДК органических и неорганических соединений, окисляемых сильными окислителями. В одной точке единожды было выявлено превышение ХПК (16,84 мгО₂/дм³). В противовес данные результатов исследования БПК свидетельствуют о превышающих значениях содержания нестойких органических веществ. Так, во всех точках отбора в среднем наблюдалось повышенное значение БПК в начале вегетационного сезона, что связано с замедленными процессами самоочищения водоёма. Так как после зимнего периода покоя органические загрязнения, пришедшие с течением по реке Великой и сброшенными непосредственно в устье реки, не окислились в результате естественных процессов. Далее в среднем с каждым месяцем значение БПК постепенно снижается.

Воды устья реки Великой хорошо аэрируемы, что доказывают результаты содержания растворённого кислорода. Размах содержания кислорода за весь период составлял от 6,19 до 12,90 мгО₂/л. По имеющимся показателям можно судить о внутригодовом распределении кислорода в экосистеме устья: с зимнего времени концентрация кислорода сохраняется достаточно высокой, в весенне-летний период содержание кислорода снижается, осенью снова наблюдается повышение содержания растворённого кислорода. Кислородный режим полностью коррелирует с температурным режимом воды, т.е. основной источник кислорода – абсорбция его из воздуха и перевод в растворённую форму.

Интегральная оценка загрязнённости по 17 изученным показателям представлена на рисунке 2. Диапазон значений находился в интервале от 1,88 (точка № 2, VI) до 2,29 (точка № 4, VI). Качества вод находятся в переходном значении III–IV класса качества вод. В трёх из пяти точках в мае–июне значения ИЗВ соответствовало III классу качества, далее значение поднимались выше 2,00, следовательно характеризовались как воды IV класса качества. Стоит отметить, что именно северные точки № 1, 2, 3 по значениям ИЗВ в поздний весенний период менее загрязнены, можно предположить, что они испытывают меньшее антропогенное влияние населённых пунктов северного берега (например, деревня Муровицы), а в точке № 4 – наиболее высокие показатели, что может быть вызвано загрязнениями, привносимыми рекой Большая Листовка около точки № 4, населёнными пунктами (Ваймицы, Устье) и располагающимся неподалеку точки № 5 рыбзаводом. Во внутригодовой динамике наблюдается ухудшение качества воды, это может быть связано не только с антропогенным влиянием, но и с естественными процессами (изменение растворённого кислорода, бактериальное загрязнение, температурный режим и т.п.), которые, к примеру, в результате температурных изменений мобилизуют депонированные вещества в растворённую форму и далее включаются в гидрохимический режим водоёма.

По санитарно-бактериологическим показателям (табл. 3) качество воды исследуемых станций варьировала от «очень чистые» до «умеренно загрязнённые». По средним значениям параметров санитарно-микробиологического мониторинга входило определение ОМЧ аллохтонной и автохтонной микрофлоры, дополнительно на основании которых качество исследуемых вод характеризовалось следующим образом:

- точка № 1 – чистые воды;
- точка № 2 – умеренно загрязнённые;
- точка № 3 – чистые воды;
- точка № 4 – чистые воды;
- точка № 5 – умеренно загрязнённые.

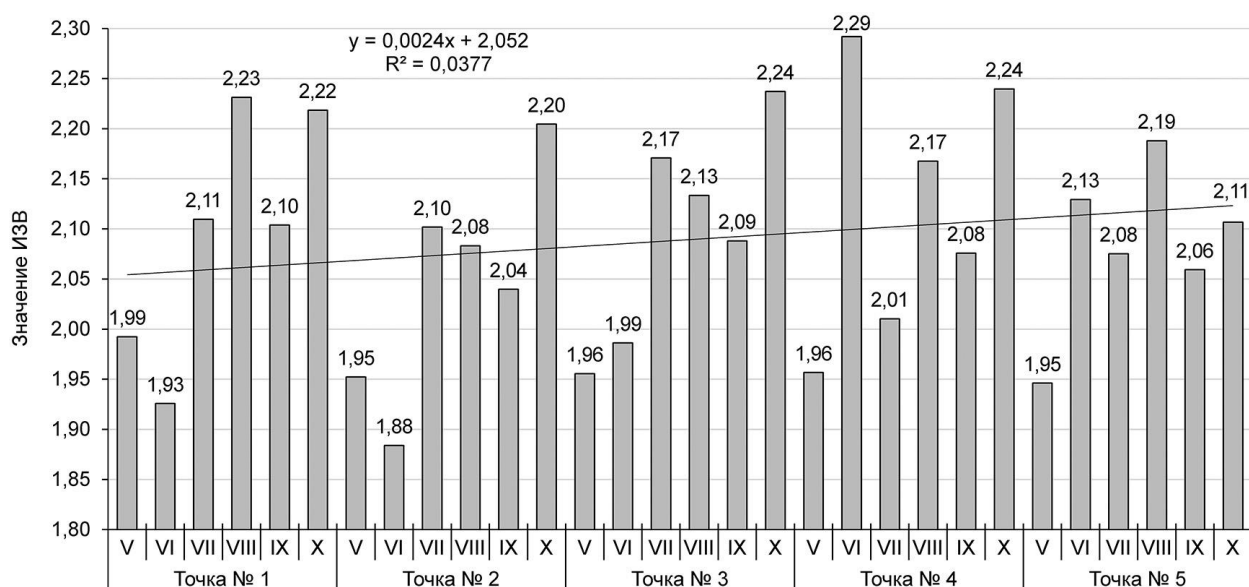


Рисунок 2 – Динамика изменения индекса загрязнения воды устья реки Великой в 2023 г.
(Псковская область)

Таблица 3 – Результаты санитарно-бактериологического анализа воды устья реки Великой в вегетационный период 2023 г.

№ точек	Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Среднее
№ 1	ОМЧ 22°	42	806	823	888	764	432	626
	ОМЧ 37°	7	47	83	168	206	126	106
	ОМЧ 22° : ОМЧ 37°	6,00	17,15	9,92	5,29	3,71	3,43	8
№ 2	ОМЧ 22°	349	6626	8063	2060	2013	1186	3383
	ОМЧ 37°	78	158	503	140	117	99	183
	ОМЧ 22° : ОМЧ 37°	4,47	41,94	16,03	14,71	17,21	11,98	18
№ 3	ОМЧ 22°	115	2190	2143	163	465	237	886
	ОМЧ 37°	27	49	164	72	96	34	74
	ОМЧ 22° : ОМЧ 37°	4,26	44,69	13,07	2,26	4,84	6,97	13
№ 4	ОМЧ 22°	33	640	643	158	146	101	287
	ОМЧ 37°	8	143	112	92	84	54	82
	ОМЧ 22° : ОМЧ 37°	4,13	4,48	5,74	1,72	1,74	1,87	3
№ 5	ОМЧ 22°	95	18133	14840	308	307	361	5674
	ОМЧ 37°	16	4693	3740	91	89	121	1458
	ОМЧ 22° : ОМЧ 37°	5,94	3,86	3,97	3,38	3,45	2,98	4

Таким образом, по критической оценке, воды характеризуются как «умеренно загрязнённые», что соответствует средней концентрации гидромикробиоты в порядках 10^3 (КОЕ)/мл. Во внутригодовой динамике изменение численности сапрофитных бактерий соответствует изменению температуры. Наиболее бактериально загрязнёнными являются воды в июне–июле точки № 5, значения численности бактерий находились в порядках 10^4 КОЕ/мл, что можно объяснить наличием близкорасположенных населённых пунктов и промышленными предприятиями.

Незначительное аллохтонное загрязнение воды легкоокисляющимися органическими веществами и высокий уровень завершённости процессов самоочищения по средним показателям обнаружен в точках № 4, № 5, хотя в последней точке пороговое значение K_c было отнесено к водоёмам «группы риска». Единого характера изменения показателей завершённости процессов самоочищения установить не удалось, что объяснимо неоднородной периодичностью сбросов с промышленных предприятий и населённых пунктов.

По литературным источникам можно подтвердить результаты оценки качества воды по химическим и бактериальным показателям, однако из-за разности шкал значения несколько разнятся. Так, по данным 2020 года, полученным альгологами Псковского государственного университета [15–20], воды в осенний период характеризуются умеренным загрязнением, что подтверждается данными экологического анализа видового состава фитопланктона.

Заключение

Таким образом, из изученных 21 гидрохимического параметра было выявлено превышение значения ПДК по 4 показателям, причём 2 из них были выявлены в практически единичном случае. Превышенное значение жёсткости объясняется геологическими особенностями региона, а повышенные значения БПК-5 в некоторые сезоны могут быть вызваны естественными процессами и загрязнением водоёма. Значения интегральной оценки загрязнённости находились в интервале 1,88–2,29. Качества вод характеризуется в переходном значении III–IV класса качества вод. По

оценке воды по усреднённым показателям бактериального загрязнения воды были отнесены к умеренно загрязнённым, однако в летнее время в одной точке пробы воды относились к загрязнённым. Вследствие описанного можно утверждать, что устье реки Великой испытывает в большей степени бактериальное давление, чем химическое, соответственно, можно также утверждать, что наибольшую опасность для водоёма могут составлять именно загрязнения бактериальной природы.

Список литературы:

1. Лебедева О.А. Экосистема дельты реки Великой и ее влияние на Псковско-Чудское озеро // Псковский региональный журнал. 2006. № 1. С. 107–121.
2. Маркин В.Н., Шабанов В.В. Некоторые вопросы организации мониторинга водных объектов в современных условиях // Природообустройство. 2012. № 3. С. 70–77.
3. Марденская Е.О. Показатели устойчивого развития Псковской области // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15, № 8(443). С. 1488–1500. DOI: 10.24891/te.15.8.1488.
4. Слинчак А.И. Климатические особенности дельты реки Великой и восточного Причудья // Северо-Запад России: Взаимодействие общества и природы. Ч. II. Псков, 2001. С. 78–80.
5. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 «Методические рекомендации по применению методики измерений pH проб вод потенциометрическим методом».
6. ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 «Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза "Капель"».
7. ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 «Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель"».
8. ПНД Ф 14.1:2:3.98-97 «Методика измерений общей жесткости в пробах природных и сточных вод титриметрическим методом».

9. ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005 «Методика измерений химического потребления кислорода (ХПК) в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом».

10. ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 «Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода после n-дней инкубации (БПК-5) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах».

11. МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды».

12. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

13. Алекин О.А. Основы гидрохимии: учеб. пособие. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 296 с.

14. Карпущина Н.В. Геоморфология берегов Чудско-Псковского озера // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2012. № 4. С. 54–60.

15. Дрозденко Т.В., Тимофеев И.В., Войтёнок П.А. Фитопланктон и качество воды дельты реки Великой в осенний период 2020 года // Понт Эвксинский – 2023: мат-лы XIII всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. для молодых ученых по проблемам водных и наземных экосистем, посв. 60-летию со дня преобразования Севастопольской биологической станции в ИнБЮМ (г. Севастополь, 9–14 октября 2023 г.). Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2023. С. 17–18.

16. Дрозденко Т.В., Тимофеев И.В. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона устья реки Великой // Экология речных бассейнов: тр. XI междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. Т.А. Трифионовой. Владимир, 2023. С. 34–39.

17. Судницына Д.Н. Характерные черты зарастания реки Великой в центральной части г. Пскова // Псковский региональный экологический журнал. 2017. № 2 (30). С. 108–116.

18. Дрозденко Т.В., Александрова С.М., Антал Т.К. Фитопланктон и экологическое состояние Чудско-Псковского озера // Экосистемы. 2023. № 34. С. 36–43.

19. Шаров А.Н., Андреева И.В. Пространственно-временная организация фитопланктона Чудско-Псковского озера // Принципы экологии. 2016. № 5 (21). С. 71–80.

20. Дрозденко Т.В., Медянкина М.В., Антал Т.К. Оценка показателей развития фитопланктона и качества воды Чудско-Псковского озера в современных условиях // Поволжский экологический журнал. 2023. № 4. С. 404–419. DOI: 10.35885/1684-7318-2023-4-404-419.

Исследование выполнено в рамках реализации проекта Российского научного фонда «Изучение механизмов адаптации фототрофных микроорганизмов к стрессу путём регуляции структуры популяции клеток» (соглашение № 23-24-00353 от 13.01.2023).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Тимофеев Илья Вячеславович , младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории комплексных экологических исследований; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: timofeew.g2001@yandex.ru.	Timofeev Ilya Vyacheslavovich , junior researcher of Scientific Research Laboratory of Integrated Environmental Studies; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: timofeew.g2001@yandex.ru.
Никольская Лариса Владимировна , кандидат химических наук, доцент кафедры химии и естественнонаучного образования; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: lv9113599666@yandex.ru.	Nikolskaya Larisa Vladimirovna , candidate of chemical sciences, associate professor of Chemistry and Natural Sciences Education Department; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: lv9113599666@yandex.ru.

Для цитирования:

Тимофеев И.В., Никольская Л.В. Комплексный мониторинг качества воды устья реки Великой (Псковская область) по ряду гидрохимических и гидробиологических показателей // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 2. С. 81–87. DOI: 10.55355/snv2024132109.