



ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КАЛИНИНГРАДСКОГО
ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА
ПО ХИМИЧЕСКИМ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ
В 2018 ГОДУ

Н. Ю. Кирилук, студент

e-mail: nadya-kiriluk@mail.ru

Институт живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный
университет имени Иммануила Канта»

А. В. Сташко, аспирант

e-mail: hidanstashko@gmail.com

Институт живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный
университет имени Иммануила Канта»

Н. Н. Чукалова, канд. биол. наук, ст. науч. сотруд.

e-mail: chukalova@gmail.com

Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»)

О. В. Кригер, д-р техн. наук, доц., проф.

e-mail: olgakrigger58@mail.ru

Институт живых систем, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный
университет имени Иммануила Канта»

В Калининградской области Вислинский залив является ключевым рыбохозяйственным водоемом, где развито промышленное рыболовство, а также активно эксплуатируется другими отраслями. Это позволяет отнести залив к значимым водоемам области, сохранение хорошей экологической обстановки которого должно быть первостепенной задачей. В 2018 г. проведено исследование состояния калининградского гидрологического района Вислинского залива по химическим и микробиологическим показателям. Для изучения был выбран наиболее подверженный антропогенной нагрузке калининградский гидрологический район, расположенный в устье р. Преголи. В результате исследования установлены превышения ПДК по БПК₅, содержанию аммонийного, нитритного азота и фосфора фосфатов в воде. Выявлено несоответствие проб воды требованиям санитарно-микробиологических показателей для всех категорий водопользования. Установленные класс чистоты и показатель сапробности характеризуют качество воды как неудовлетворительное в исследуемом районе залива.

Ключевые слова: Вислинский залив, Балтийское море, химическое загрязнение, санитарно-показательные микроорганизмы, биогенные элементы

ВВЕДЕНИЕ

На территории Калининградской области располагаются крупные прибрежные водоемы лагунного типа с уникальной экосистемой. Вислинский (Калининградский) залив представляет собой второй по величине (после Куршского залива) водоем, который расположен в юго-восточной части Балтийского моря. Однако залив находится не только в пределах России: площадь лагуны делится межгосударственной границей на две части, одна из которых принадлежит соседней европейской стране – Республике Польше. Северная российская часть Вислинского залива имеет площадь 510 км² (61 % от площади 838 км²), а южная польская

часть – 338 км². Протяженность залива составляет 91 км, средняя ширина – 9 км. Пролив, соединяющий Балтийское море, и залив находятся на российской территории [6].

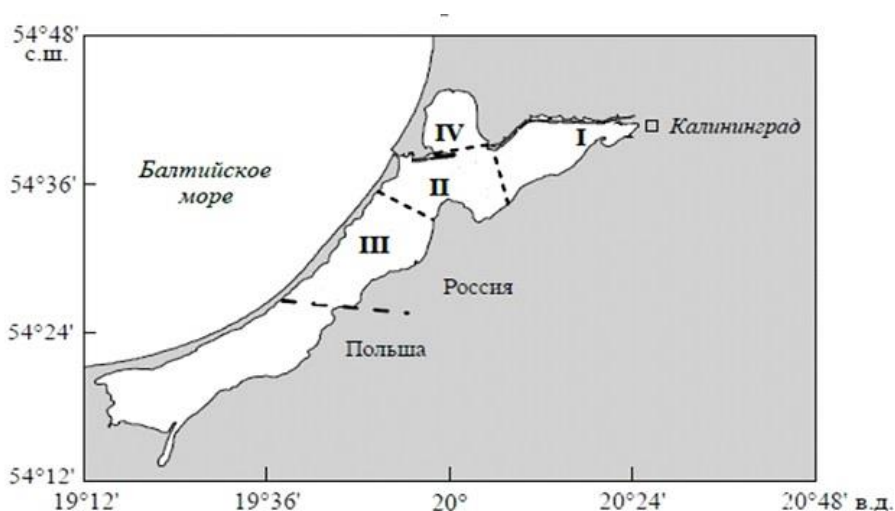
Вислинский (Калининградский) залив является значимым рыбохозяйственным водоемом Калининградской области, отличается высокой промысловой активностью и интенсивно эксплуатируется. В заливе вылавливаются такие виды рыб, как сельдь балтийская, судак, лещ, чехонь, плотва. Значимым моментом также является нахождение на территории залива природного заповедника – Балтийская коса. Узкая полоска суши, отделяющая Вислинский залив от основной части Гданьского залива, имеет уникальную флору и фауну [3, 5].

В непосредственной близости от залива располагаются крупные города, которые имеют сильное влияние на гидрологический режим залива и экологическую обстановку в целом. Большое влияние оказывают стоки с водосборных бассейнов рек Преголя, Приморская, Висла, Ногата и других рек. Также влияние оказывает и пролив, связывающий водоем с Балтийским морем. Со стоками рек ежегодно в лагуну поступают загрязненные, неочищенные воды, привносящие большие объемы биогенных веществ. Помимо химического загрязнения, на санитарно-эпидемиологическую обстановку залива влияет опасность загрязнения воды фекальными отходами, поступающими со сточными водами, которая ведет к появлению в воде патогенных микроорганизмов и возникновению эпидемических заболеваний [2].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходя из гидрологических особенностей, влияния рек и моря, российская часть Вислинского (Калининградского) залива условно делится на четыре гидрологических района (рис. 1): калининградский, ближе всего расположенный к городу Калининграду и подверженный влиянию р. Преголи; балтийский – зависящий от затока морской воды; обособленный приморский район; центральный, ближе всего расположенный к польской территории залива [3, 8].

Наибольшему загрязнению подвержен калининградский гидрологический район, выбранный как объект исследования.



I – калининградский; II – балтийский; III – центральный; IV – приморский
Рисунок 1 – Расположение гидрологических районов на российской части Вислинского (Калининградского) залива [4]

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования послужило изучение микробиологических и гидрохимических показателей и анализ динамики этих показателей в калининградском гидрологическом районе Вислинского (Калининградского) залива в 2018 г., а также сравнение полученных значений со значениями ПДК для рыбохозяйственных водоемов и определение класса чистоты вод.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили пробы воды, отобранные на три стандартных станциях мониторинга, расположенных в устьевой части Вислинского (Калининградского) залива (рис. 2). Отбор проб проводили ежемесячно в весенний, летний, осенний и зимний периоды в поверхностном слое по ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».



Рисунок 2 – Станции мониторинга (№1, №2 и №3) в калининградском гидрологическом районе Вислинского (Калининградского) залива

Критериями оценки степени бактериологического загрязнения залива были приняты следующие показатели: численность психрофильных и мезофильных гетеротрофных бактерий, индексы общих колиформных бактерий, кишечных палочек, энтерококков, стафилококков. Химический анализ включал определение pH, растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода (БПК₅), биогенных элементов, анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ), нефтепродуктов, также измерение температуры и солености общепринятыми методами.

Проведена оценка степени загрязненности воды Вислинского залива с помощью определения индекса сапробности и класса чистоты вод.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изменения температуры воды в калининградском гидрологическом районе происходили в соответствии с климатическими условиями: максимальная температура воды фиксировалась в августе на станции № 1 – 21,5 °С, минимальная на станции № 3 в зимний период – 0,9 °С.

Значения pH исследуемых проб воды с начала года демонстрировали рост, достигнув максимума в летний период (8,47 в среднем), а затем - снижение до 7,77 в зимний период. При этом превышений ПДК (для морских и пресных вод составляет 6,5 – 8.5 ед.) зафиксировано не было. Максимумы значений pH в летний период связаны с периодом цветения фитопланктона. Зимой отсутствие фотосинтеза, образование льда и накопление под ним свободного CO₂ влияют на снижение pH до минимальных значений.

Так как на гидрохимический режим водоемов влияет процесс эвтрофирования, вследствие этого исследовали динамику содержания в воде залива растворенного кислорода и органического вещества (по БПК₅). За весь период 2018 г. воды залива характеризовались высокими значениями БПК₅ (1,9 – 7,6 мгО₂/дм³) (рис. 3а). Максимальное значение фиксировали в октябре на ст. №1 - 7,6 мгО₂/дм³, что почти в 4 раза превышает ПДК для рыбохозяйствен-

ных водоемов ($2,1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), также ПДК для санитарно-бытового водопользования ($6,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$). Увеличение биомассы фитопланктона (“цветение” воды) вследствие сильной эвтрофикации залива обуславливает высокие значения БПК₅ в июле месяце (в среднем по трем станциям $5,8 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$). Динамика степени насыщения кислородом воды характеризовалась понижением в зимний период и повышением в весенний период вследствие интенсивного фотосинтеза (рис. 3б). Среднегодовое значение составило $104,51 \pm 17,16 \%$, и в целом значения находились в пределах ПДК (не менее $6,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), исключение составили образцы воды со станции № 1 калининградского гидрологического района в августе – $58,9 \%$ ($5,2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$).

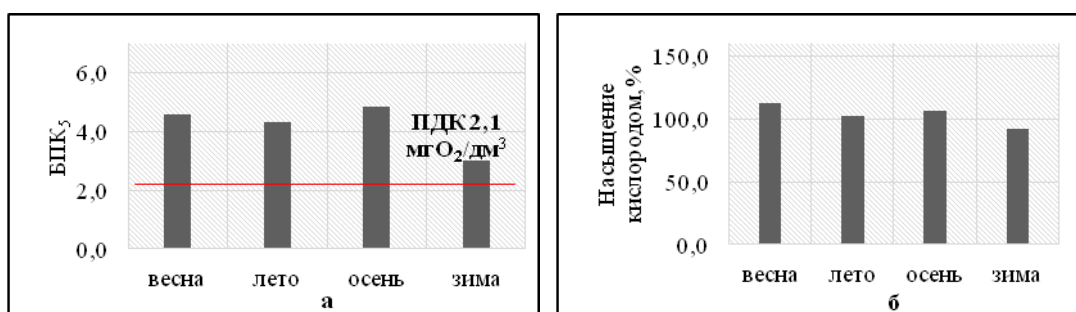


Рисунок 3 – Сезонная динамика БПК₅ (а); степени насыщения кислородом воды (б) в калининградском гидрологическом районе в среднем по трем станциям в 2018 г.

В течение исследуемого периода насыщенность воды кислородом всегда близка к 100 %, что создает благоприятные условия для гидробионтов. Однако по насыщению кислородом воды залива по трофо-сапробным показателям по ГОСТ 17.1.2.04-77 «Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов» оценены как загрязненные, а по значению БПК₅ – как грязные.

В сезонной динамике содержания минеральных форм азота за 2018 г. отмечена закономерность: в весенне-летний период снижалось количество азотсодержащих ионов (в особенности значительно убывало содержание азота нитратов), связанное с началом вегетационного периода фитопланктона; осенью начался процесс аккумуляирования неорганических форм биогенных элементов, определяемое содержание ионов возрастало (рис. 4). Отмеченные нами закономерности согласуются с результатами исследований, проводимых ранее [1, 2].

Содержание аммонийного азота в воде находилось в пределах ПДК ($0,4 \text{ мгN}/\text{дм}^3$) (рис. 4а), однако превышение было зафиксировано в августе (ст. № 1) - $0,42 \text{ мгN}/\text{дм}^3$, а минимальное значение составило $0,016 \text{ мгN}/\text{дм}^3$ в сентябре. Причиной превышения ПДК на ст. №1 могла быть относительная близость станции к крупному источнику хозяйственно-бытовых сточных вод – г. Калининграду.

Среднегодовое значение нитритного азота в пробах вод из залива составило $0,017 \pm 0,015 \text{ мгN}/\text{дм}^3$ (ПДК равно $0,02 \text{ мгN}/\text{дм}^3$). Максимум показателя наблюдался в октябре на ст. №3 - $0,078 \text{ мгN}/\text{дм}^3$ (превышение ПДК в 4 раза), минимальное значение получено в летний период - $0,006 \text{ мгN}/\text{дм}^3$ (ст. №2). Повышенное содержание нитритного азота, неустойчивого показателя, указывает на свежее загрязнение воды (рис. 4б).

В течение года содержание нитратного азота в воде залива изменялось от $0,023$ до $0,72 \text{ мгN}/\text{дм}^3$. Максимум показателя отмечался в апреле (ст. №1), однако превышения ПДК ($9,0 \text{ мгN}/\text{дм}^3$) зафиксировано не было (рис. 4в).

По трофо-сапробным показателям воды залива оценены как загрязненные (по содержанию аммонийного азота и нитритного азота), а также как чистые (по содержанию нитратного азота).

Трофический статус Вислинского залива, согласно последним данным, определен как мезотрофный [6]. ПДК для фосфора фосфатов таким образом составляет $0,15 \text{ мгP}/\text{дм}^3$. Содержание показателя в воде изменялось в 2018 г. от $0,007 \text{ мгP}/\text{дм}^3$ (в октябре на ст. №2) до

0,22 мгР/дм³ (в августе на ст.№1) (рисунок 4г). Относительно высокая концентрация фосфатов, наблюдаемая в августе, могла быть вследствие точечного загрязнения в районе устья р. Преголи, а также из-за минерализации органического вещества и поступления из донных отложений вследствие перемешиваний [1]. Повышение концентрации в декабре (0,06 и 0,05 мгР/дм³ на ст. №2 и 3 соответственно) могло быть ассоциировано с окончанием вегетационного периода фитопланктона. По содержанию фосфора фосфатов воды также оценены как загрязненные.

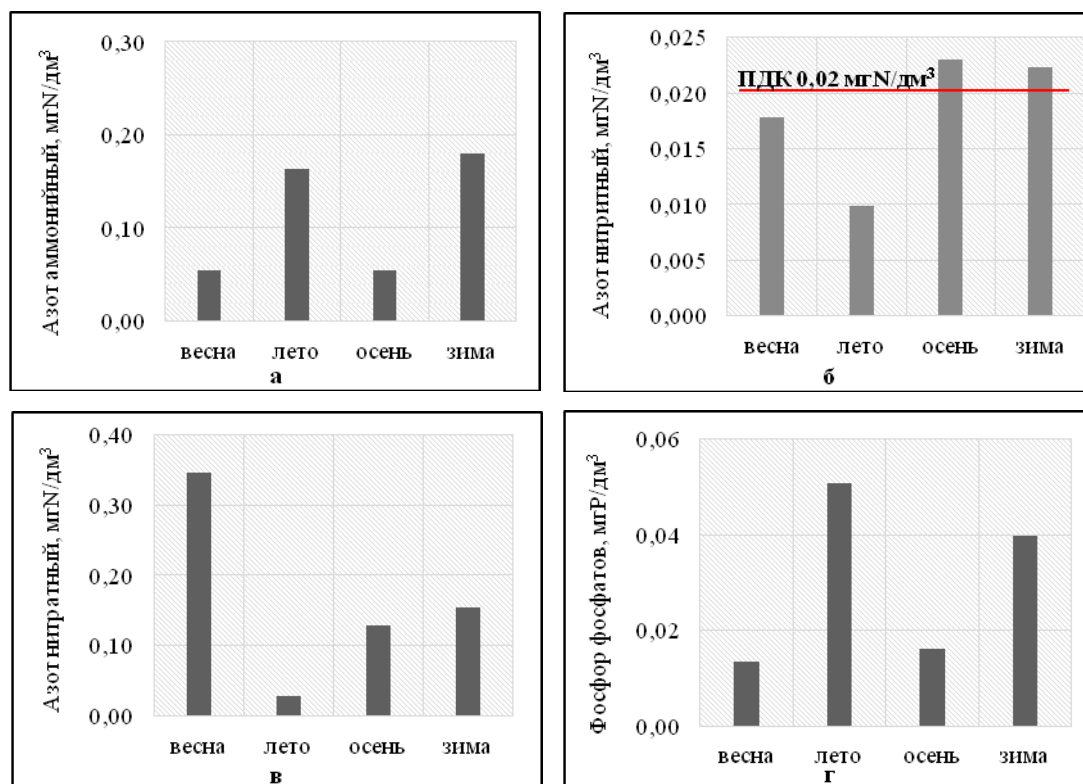


Рисунок 4 - Сезонная динамика содержания в воде аммонийного азота (а); нитритного азота (б); нитратного азота (в) и фосфора фосфатов (г) в калининградском гидрологическом районе в среднем по трем станциям в 2018 г.

В 2018 г. содержание нефтепродуктов в воде не превышало ПДК (0,05 мг/дм³). Среднегодовое значение составило $0,0170 \pm 0,0099$ мг/дм³. Однако осенью на станции №1 Вислинского залива значение приближалось к ПДК и составило 0,047 мг/дм³. Поступление АПАВ в залив связано с поступлением сточных вод (коммунально-бытовых и промышленных). Содержание АПАВ в воде незначительно колебалось в течение года от 0,077 до 0,097 мг/дм³ и не превышало ПДК (0,1 мг/дм³). Максимум значения показателя был установлен в августе (ст. №3). Содержание в воде залива нефтепродуктов и АПАВ, а также приближение к ПДК на некоторых станциях (№1, №3) указывает на антропогенное загрязнение водоема.

Микробиологические показатели исследовались в весенний, летний и осенний периоды 2018 г. Максимальное содержание мезофильных микроорганизмов (аллохтонная микрофлора) были отмечены в сентябре на всех трех станциях ($2,60 \cdot 10^5$ КОЕ/мл в устье реки Преголя на 1 ст. и $3,40 \cdot 10^5$ КОЕ/мл на 2 и 3 ст.); минимальные значения – в июне ($2,10 \cdot 10^2$ КОЕ/мл), где в основном преобладали психрофильные микроорганизмы (автохтонная микрофлора, максимальное значение - $3,30 \cdot 10^5$ КОЕ/мл) (рис. 5).

Согласно РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши» и ГОСТ 17.1.2.04-77 для калининградского гидрологического района в весенний период воды Вислинского залива характеризовались как слабо загрязненные (II класс чистоты), в летний – как грязные (IV класс чистоты), а в осенний – как экстремально грязные (V класс чистоты). В целом воды залива за все сезоны

года характеризовались как экстремально грязные, β -мезосапробные и имели V класс чистоты.

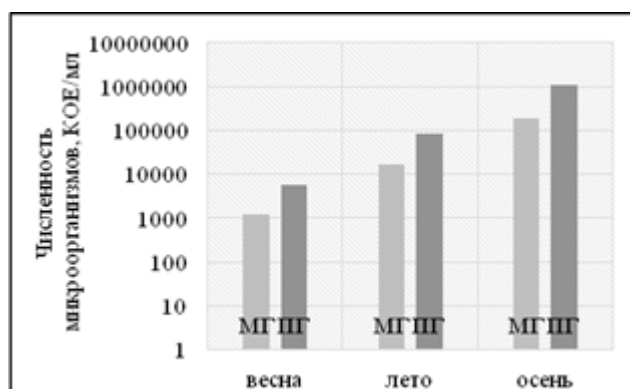


Рисунок 5 - Сезонная динамика численности мезофильных и психрофильных гетеротрофов (МГ и ПГ) в калининградском гидрологическом районе Вислинского залива в 2018 г.

Коэффициент самоочищения (КС) – отношение численности групп микроорганизмов (ПГ/МГ), позволяющий судить об интенсивности процесса самоочищения. Коэффициент изменялся от 0,2 до 41,9, среднее значение - 10,1, что указывает на достаточный процесс очищения воды от легкоусваиваемых органических веществ. В целом значения КС в весенний период были выше, чем в осенний.

Значение индекса ОКБ (общие колиформные бактерии) было наибольшим в пробах воды со станции № 1 во все периоды года (НВЧ=1100 КОЕ в 100 мл), такие же результаты были отмечены в сентябре на станциях №2 и 3. Превышения значения индекса *E.coli*, свидетельствующего о свежем фекальном загрязнении, отмечены так же во все периоды на каждой из станций ($2,4 \cdot 10^2$ КОЕ в 100 мл). Доля проб, не соответствующих требованиям санитарно-микробиологических показателей для всех категорий водопользования для индекса ОКБ составила 50-94 % и 39-56% для индекса *E.coli*.

Индекс энтерококков, используемый при санитарной оценке воды открытых водоемов, имел превышения НД по содержанию в воде Вислинского залива в 56 % случаев. Максимальное значение индекса энтерококков зафиксировано в августе на ст. №3 и составило более 1100,0 КОЕ в 100 мл.

Стафилококк, представитель микрофлоры кожи человека, также присутствующий в желудочно-кишечном тракте – может быть выявлен в сточных водах. Изменение в 2018 году индекса патогенных стафилококков происходило от 2,9 до 240 КОЕ в 100 мл. Превышения фиксировались во все сезоны года: весной наибольшее значение составило 240 КОЕ в 100 мл, а осенью и зимой – 23 КОЕ в 100 мл. 22 % проб не соответствовали требованиям санитарно-микробиологических показателей для водоемов в черте населенных мест.

По результатам исследования проанализирована взаимосвязь между численностью микроорганизмов и некоторыми гидрохимическими параметрами с помощью непараметрического коэффициента корреляции Спирмана (r) при уровне значимости 0,95. Между параметрами сильных положительных взаимосвязей выявлено не было ($0,70 < r \leq 1,00$). Высокая положительная связь установлена между коэффициентом самоочищения и степенью насыщением воды кислородом ($r = 0,54$), и обратная - с показателем солёности ($r = -0,27$). На количество мезофильных гетеротрофов оказывало среднее положительное влияние содержания в воде нефтепродуктов ($r = 0,46$), а на количество психрофильных – высокое влияние ($r = 0,77$). Такое влияние обусловлено высокой реакцией микроорганизмов на изменение качества водной среды. Влияние pH воды на общее количество МГ и ПГ выявлено не было ($r = -0,48$ и $-0,34$ соответственно). Средняя положительная зависимость была выявлена между солёностью и количеством МГ ($r = 0,38$). Полученные результаты указывают на умеренную прямую зависимость между гидрохимическими и бактериологическими показателями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным многолетних исследований известно, что калининградский гидрологический район подвергается антропогенной нагрузке, что согласуется с полученными данными. Несвойственные превышения ПДК биогенных элементов для различных периодов указывают на точечные загрязнения в исследуемом районе. По насыщению кислородом, содержанию аммонийного азота, нитритного азота и фосфора фосфатов, воды залива по трофо-сапробным показателям оценены как загрязненные, по значению БПК₅ – как грязные. В некоторые периоды года содержание в воде нефтепродуктов и АПАВ было достаточно высоким, и приближалось к значению ПДК. Также установлена связь между количеством микроорганизмов, резко реагирующих на изменение качества водной среды, и содержанием нефтепродуктов в воде. По количеству мезофильных гетеротрофных микроорганизмов, являющихся несвойственной для водоемов микрофлорой, был установлен V класс чистоты и определен показатель сапробности (β -мезосапробность) для калининградского гидрологического района Вислинского (Калининградского) залива. Данный класс чистоты характеризует воды как экстремально грязные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, С. В. Пространственные изменения гидрохимических показателей и солёности воды в Вислинском заливе в 2014-2016 годах / С. В. Александров // Труды АтлантНИРО; Калининград, 2018. – Т. 2, №1(5). – С. 5-21.
2. Александров, С. В. Современное экологическое состояние и загрязнение Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря / С. В. Александров // Вода: химия и экология. – 2011. – № 11. – С. 3-9.
3. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2018 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://minprirody.gov39.ru/docs/2632/>
4. Греков, А. В. Температура воды. Общие сведения. / Гидрометеорологический режим Вислинского залива / А. В. Греков, И. М. Прокофьева; под ред. Н.Н. Лазаренко и А. Маевского. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1971. – С. 173–174.
5. Дикий, Д. И. Методика определения оптимального подхода к численному моделированию течений в прибрежных лагунах для экологических приложений / Д. И. Дикий, Б. В. Чубаренко, А. Н. Соколов // Информация и космос. – 2018. – № 2. – С. 117-125.
6. Науменко, Е. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря / Е. Н. Науменко; Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград: АтлантНИРО, 2010. – 198 с.

RESEARCH OF THE CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF THE VISLINA LAGOON (KALININGRAD HYDROLOGICAL REGION) IN 2018

N. Y. Kirilyuk, student
e-mail: nadya-kiriluk@mail.ru
Institute of Living Systems,
Immanuel Kant Baltic Federal University

A. V. Stashko, PhD student
e-mail: hidanstashko@gmail.com
Institute of Living Systems,
Immanuel Kant Baltic Federal University

N. N. Chukalova, PhD, senior researcher
e-mail: chukalova@gmail.com

Atlantic branch of Russian Federal Research Institute
of Fisheries and oceanography (AtlantNIRO)

O. V. Kriger, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor
e-mail: olgakruger58@mail.ru
Institute of Living Systems,
Immanuel Kant Baltic Federal University

The Vistula Lagoon is a key fishing reservoir of the Kaliningrad region. Its aquatory situated near a nature reserve territory (the Baltic spit). Nowadays, to protect the Vistula Lagoon from pollution and monitor the environmental situation is the important task. The chemical and microbiological indicators in the Kaliningrad hydrological region (located near mouth of the Pregola river) of the Russian part of the Vistula Lagoon was study in 2018. It was revealed that the average values of the BOD₅, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen and phosphate phosphorus exceeded MPC for fisheries reservoirs. The water samples didn't meet the requirements of sanitary and microbiological indicators for all categories of water use.

Key words: *Vistula Lagoon, Baltic Sea, chemical pollution, sanitary significant bacteria, biogenic elements*