
ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 504.453:574.5

О.С. Бугранова, Н.А. Цупикова, Ю.С. Костыря
Калининградский государственный технический университет,
236022, г. Калининград, Советский проспект, 1

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ МАЛЫХ РЕК САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА ЛЕТОМ 2018 г.

Малые реки имеют большое хозяйственное и рекреационное значение и особенно сильно восприимчивы к внешним воздействиям. В настоящее время малые реки Калининградской области испытывают высокую антропогенную нагрузку, что делает необходимым проводить мониторинг данных объектов и контроль качества их вод. Цель работы заключается в оценке экологического состояния трех малых рек Самбийского полуострова (Медвежья, Алейка и Забава) на основании результатов качественного и количественного развития фитопланктона и анализа гидрохимических показателей летом 2018 г. Оценка состояния речных экосистем показала, что под влиянием антропогенных воздействий их экологическое состояние сохраняется относительно удовлетворительным: наблюдаются признаки эвтрофирования, для отдельных участков русел рек характерно зарастание, например, на р. Забаве отмечено «цветение» воды от умеренного до интенсивного.

Ключевые слова: малые реки, Самбийский полуостров, фитопланктон, доминирующие виды, растворенный кислород, биогены, сапробность, экологическое состояние.

O.S. Bugranova, N.A. Tsupikova, Y.S. Kostyrya **ESTIMATION OF THE CONDITION OF SMALL RIVERS ECOSYSTEMS** **ON SAMBIAN PENINSULA IN SUMMER 2018**

Small rivers are of great economic and recreational importance and are particularly vulnerable to external impacts. At present, small rivers in the Kaliningrad region are experiencing a high anthropogenic load, which makes it necessary to monitor these objects and control the quality of their waters. The aim of the work is to assess the environment condition of three small rivers on Sambian Peninsula (Medvezhya, Aleika and Zabava) based on the results of qualitative and quantitative development of phytoplankton and analysis of hydrochemical indicators in summer 2018. Assessment of status of river ecosystems showed that under the influence of anthropogenic impacts, their environment condition remains relatively satisfactory: there are signs of eutrophication, overgrowth is typical for some sections of river channels, for example, moderate to intensive water bloom was observed on the Zabava river.

Key words: small rivers, Sambian Peninsula, phytoplankton, dominant species, dissolved oxygen, nutrients, saprobity, environment condition.

Введение

Малые реки, являясь основным элементом русловой сети водосборных территорий, формируют во многом экологическое состояние в бассейнах средних и крупных водотоков. Следовательно, состояние рек может отражать экологическую ситуацию на большой водосборной площади. Для гидрологических условий малых рек характерна значительная изменчивость, в них снижается возможность самоочищения, такие водотоки требуют досконально подробного изучения.

Густая речная система Калининградской области более чем на 96 % состоит из малых (длиной от 26 до 100 км), самых малых (10–25 км) и мельчайших (менее 10 км) рек.

Бассейны исследованных водотоков расположены на Самбийском полуострове. Данные реки текут в северном направлении, впадая в Балтийское море (рис. 1). Водотоки относятся к первой рыбохозяйственной категории и имеют особое значение для нереста лососевых.

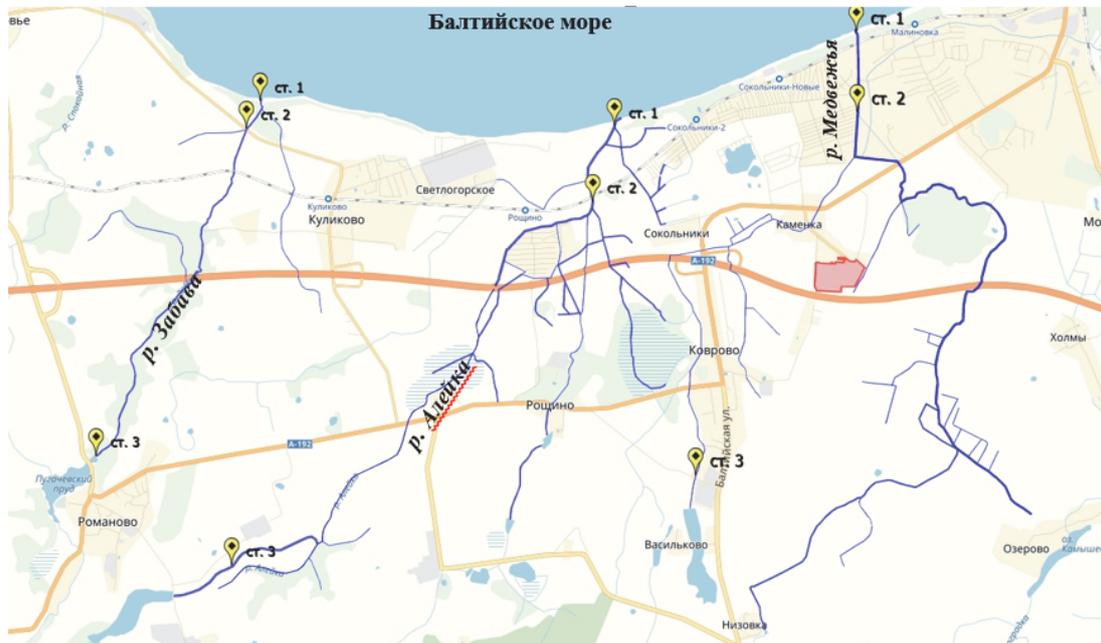


Рис. 1. Реки северной части Самбийского полуострова
 Fig. 1. Rivers of the northern part of the Sambian Peninsula

Цель данной работы состоит в оценке экологического состояния малых рек Самбийского полуострова летом 2018 г.

Материалы и методика

Данные для исследования были получены в рамках экологического мониторинга, проведенного в июне 2018 г. на трех реках: Медвежья, Алейка и Забава (рис. 1). В ходе работы был собран материал на трех станциях рек (в верхнем, среднем и нижнем течениях) для гидрологических, гидрохимических и альгологических исследований.

Гидрохимический анализ был проведен объемным и колориметрическим методами [9] для определения основных показателей: минерализация, растворенный кислород, перманганатная окисляемость, общая жесткость, хлориды и биогенные элементы.

На р. Алейке пробы фитопланктона взяты только из участков в верхнем и среднем течении. Пробы на исследования фитопланктона фиксировали раствором Люголя с добавлением ледяной уксусной кислоты и формалина. Далее в лаборатории КГТУ эти пробы концентрировали методом прямой мембранной фильтрации. Согласно общепринятым методикам [4, 8] был определен видовой состав (диатомовый анализ не проводился) и произведен количественный анализ проб фитопланктона. По значениям биомассы определялся уровень «цветения» воды: слабое «цветение» – биомасса до 1 мг/л, умеренное – 1–10 мг/л, интенсивное – 10–50 мг/л, гиперцветение – более 50 мг/л [7].

Экологическое состояние рек оценивалось по индексам сапробности, вычисленным методом Пантле и Букка в модификации Сладечека [10] для фитопланктона и согласно ГОСТ [3] – для гидрохимических элементов.

Результаты исследования

Исследуемые водотоки берут начало на крупнохолмистом грядовом плато [5] и относятся к категории малых рек, их длины не превышают 12 км (табл. 1), площади их водосборных бассейнов лежат в пределах 42 км².

Гидрографическая сеть района исследования довольно густая – 0,92 км/км². Все реки принимают большое количество притоков, особенно р. Алейка и р. Медвежья, имеющие наиболее густую и разветвленную сеть.

Таблица 1

Показатели основных морфометрических характеристик бассейнов малых рек летом 2018 г.

Table 1

Indicators of the main morphometric characteristics of small river basins in summer 2018

Показатель	Р. Медвежья	Р. Алейка	Р. Забава
Длина, км	10,0	12,0	12,0
Максимальная ширина, м	2,0	5,8	2,9
Максимальная глубина, м	0,9	0,7	0,4
Площадь бассейна, км ²	41,9	41,8	17,0
Средняя скорость, м/с	0,28	0,20	0,31
Расход реки, м ³ /с	0,11	0,11	0,08

Работы проводились в период летней межени, уровень воды был существенно понижен. Воды малых рек были умеренной жесткости (до 6 мг экв./л), минерализация воды колебалась от средней (400 мг/л) до повышенной (500 мг/л) [2].

Органических веществ в воде растворено достаточно много. Перманганатная окисляемость в р. Алейке средняя (более 10 мгО/л), в р. Забаве и р. Медвежьей – повышенная (до 20 мгО/л). На величину перманганатной окисляемости значительное влияние может оказывать режим поступления промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

В рассматриваемый период в целом в водотоках складывались относительно благоприятные кислородные условия; его содержание в основном превышало 6 мг/л, что соответствовало 65–78 % насыщения. Только в верховьях р. Забавы концентрация растворенного кислорода была снижена до 3,8 мг/л (42 %). В условиях повышенной температуры снижалась растворимость кислорода и происходило очень быстрое его расходование на разложение органических веществ, которые могли поступать в реки с водосборных площадей и со сточными водами населенных пунктов.

Воды малых рек довольно богаты биогенными веществами, однако их содержание в основном соответствовало требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного назначения. Концентрация азота аммонийного в водотоках не превышала значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов [6], хотя в приустьевом створе р. Забавы наблюдались существенные превышения ПДК, в 3–3,5 раза, что свидетельствовало о поступлении в водоем свежих загрязнений, например, в результате размыва почвогрунтов поверхностным стоком.

Нитриты – неустойчивые компоненты природных вод, они обнаруживались в небольших количествах. Повышенное их содержание на станциях, расположенных в верховьях рек Забава (более 0,032 мг/л) и Медвежья (более 0,037 мг/л), связано с отсутствием там те-

чения вследствие загрязнения бытовым мусором и сооружения бобровой плотины. В воде рек рассматриваемой территории содержание фосфатов, как и нитритов, не превышало нормативных значений в течение всего периода наблюдений.

Особенностью гидрохимического режима рек Калининградской области является высокое содержание железа, этому в большой степени способствуют природные особенности территории: высокий уровень залегания подземных вод и наличие значительных площадей заболоченных территорий. Так, концентрации общего железа были достаточно высоки, часто на уровне ПДК для рыбохозяйственных водоемов, или превышали его (ст. 3 р. Алейка (более 1 мгFe/л) и ст. 3 р. Медвежья (более 2,5 мгFe/л).

Фитопланктон малых рек на момент исследования насчитывал 113 таксонов (32 из которых были определены только до рода). Альгофлора рек в таксономическом плане относилась к восьми отделам, среди которых преобладали водоросли отдела зеленые (Chlorophyta), составляющие 46 % от общего видового разнообразия, диатомовые (Bacillariophyta) – 22 % и эвгленовые (Euglenophyta) – 12 %. Таксоны других отделов водорослей представлены беднее и в сумме занимали около 20 % видового разнообразия на время исследования (табл. 2).

Таблица 2

Таксономический состав фитопланктона рек Медвежья, Алейка и Забава летом 2018 г.

Table 2

Taxonomic composition of the phytoplankton of the Medvezhya, Aleika and Zabava rivers in summer 2018

Отдел	Р. Медвежья	Р. Алейка	Р. Забава	Итого
Bacillariophyta	10	19	17	25
Chlorophyta	39	22	30	52
Chrysophyta	4	1	0	5
Cryptophyta	4	3	3	4
Суанoprokaryota	2	1	9	9
Dinophyta	2	0	2	3
Euglenophyta	10	4	10	13
Streptophyta	1	1	2	2
Итого	74	51	73	113

Видовое разнообразие фитопланктона по рекам практически схоже, за исключением р. Алейки, где выявлено меньше всего таксонов. Возможно, это связано с отсутствием пробы из нижнего течения этой реки.

Основу численности фитопланктона в верховье р. Медвежьей составляли зеленые водоросли (64 %) и цианопрокаримты (25 %) (рис. 2, ст. 3). По биомассе значительно представлены были крупноклеточные криптофитовые (48 %), эвгленовые (29 %) и зеленые водоросли (14 %) (рис. 3, ст. 3). Доминирующие по численности виды: виды р. *Microcystis*, *Ankistrodesmus bernardii* Komárek и *Plankthotrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, по биомассе – *Cryptomonas ovata* Ehrenberg и *Phacus pleuronectes* (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin (табл. 3).

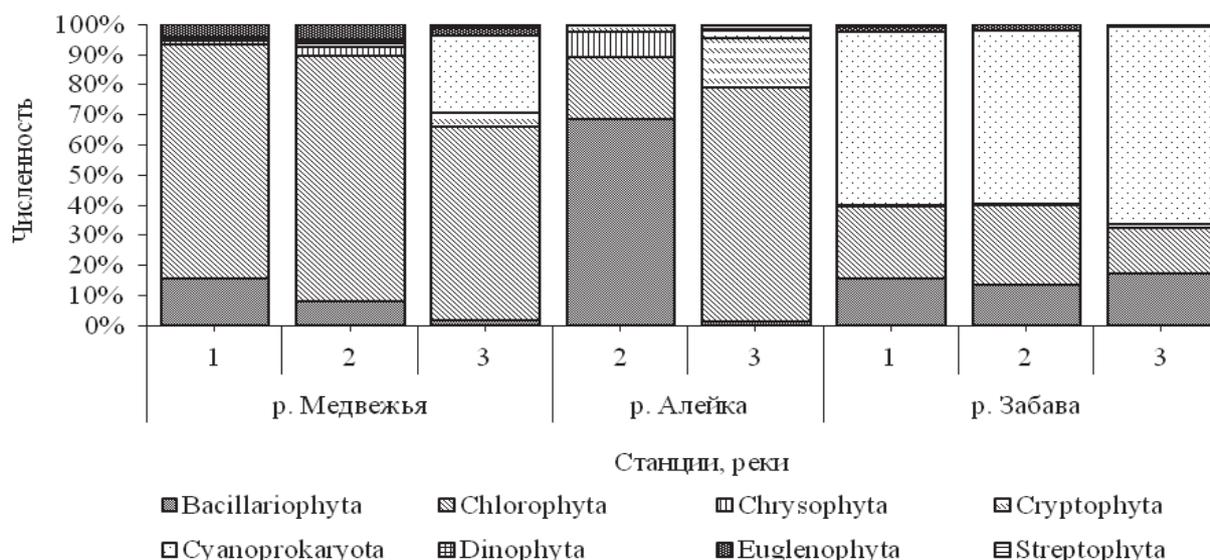


Рис. 2. Соотношение численности и биомассы разных отделов водорослей исследуемых рек
 Fig. 2. The ratio of the number and od the biomass of different algae sections in the studied rivers

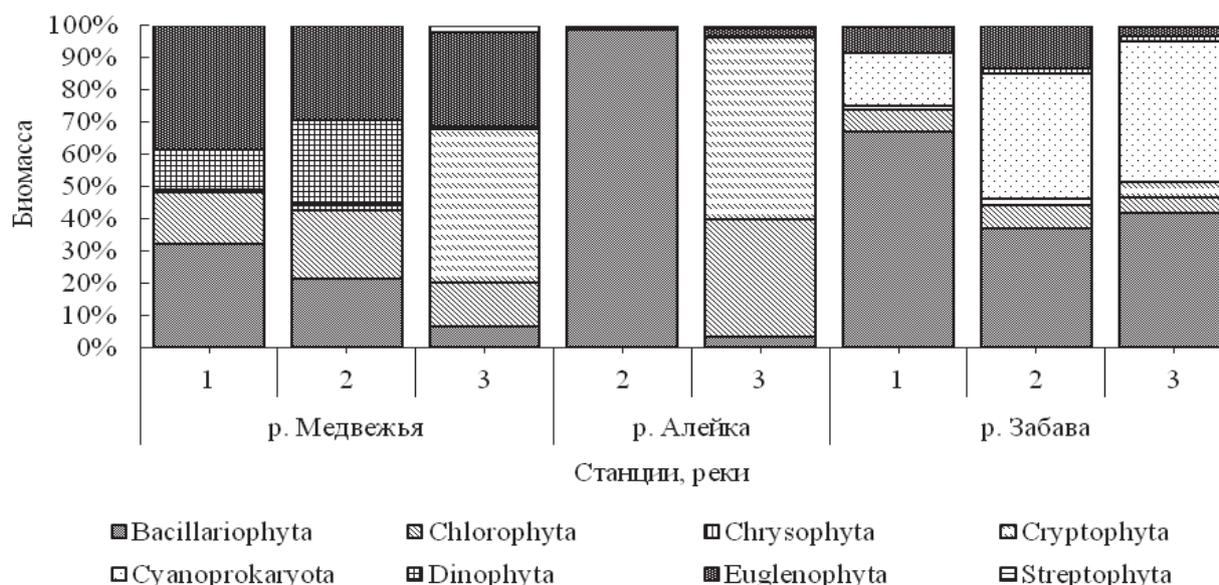


Рис. 3. Соотношение численности и биомассы разных отделов водорослей исследуемых рек
 Fig. 3. The ratio of the number and od the biomass of different algae sections in the studied rivers

Ниже по реке в среднем течении показатели количественного развития фитопланктона повышались (табл. 3), в основе численности лежали значения зеленых водорослей, составляющие 82 %, с доминирующим видом *Pandorina morum* (O.F.Müller) Bory. По биомассе практически равноценно были представлены диатомовые, зеленые, динофитовые и эвгленовые, доминантами выступали виды р. *Cyclotella*, *Peridinium*, *Pandorina morum* и *Trachelomonas volvocina* Ehrenberg (рис. 3, ст. 2).

В нижнем течении р. Медвежьей наблюдалось заметное снижение в развитии фитопланктона по сравнению с верховьем и средним течением как по численности, так и по биомассе (табл. 3). По численности доминировали зеленые водоросли, более 78 % суммарной численности, (рис. 2, ст. 1). По биомассе заметный вклад внесли эвгленовые – 38 % и диатомовые – 32 %, а также зеленые (16 %) и динофитовые водоросли (13 %) (рис. 3, ст. 1). Доминирующими по численности являлись виды р. *Cyclotella* и *Scenedesmus*

bicaudatus Dedusenko, по биомассе – виды р. *Cyclotella* и *Trachelomonas volvocina* (в сумме 37 % от общей биомассы всех водорослей). Показатели развития водорослей этого участка течения реки были заметно ниже по сравнению с ее верховьем (табл. 3).

Таблица 3

Основные структурные характеристики фитопланктона исследованных рек

Table 3

The main structural characteristics of phytoplankton in the studied rivers

Показатели	Р. Медвежья	Р. Алейка	Р. Забава
Верхнее течение (ст. 3)			
Численность, млн кл./л	1658,8	1344,9	102880,0
Биомасса, мг/л	0,423	0,313	21,958
Степень «цветения» воды	Слабое	Слабое	Интенсивное
Доминирующие виды	Виды р. <i>Microcystis</i> , <i>Ankistrodesmus bernardii</i> , <i>Plankthotrix agardhii</i> , <i>Cryptomonas ovata</i> , <i>Phacus pleuronectes</i>	<i>Coelastrum microporum</i> , <i>Cryptomonas erosa</i> , <i>Cryptomonas ovata</i>	<i>Merismopedia tenuissima</i> , <i>Anabaena planctonica</i> , <i>Aulacoseira granulate</i>
Индекс сапробности по численности	2,10	1,94	2,31
Индекс сапробности по биомассе	2,51	2,17	2,28
Зона сапробности	β-α-мезосапробная зона	β-мезосапробная зона	β-мезосапробная зона
Среднее течение (ст. 2)			
Численность, млн кл./л	4080,0	844,50	9758,2
Биомасса, мг/л	2,651	5,356	2,484
Степень «цветения» воды	Умеренное	Умеренное	Умеренное
Доминирующие виды	Виды р. <i>Cyclotella</i> , <i>Peridinium</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>	Виды р. <i>Navicula</i> , <i>Gomphonema</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Cymatopleura solea</i> , <i>Pleurosigma attenuatum</i>	<i>Plankthotrix agardhii</i> , <i>Anabaena planctonica</i>
Индекс сапробности по численности	2,02	2,09	2,26
Индекс сапробности по биомассе	2,14	2,65	2,18
Зона сапробности	β-мезосапробная зона	β-α-мезосапробная зона	β-мезосапробная зона
Нижнее течение (ст. 1)			
Численность, млн кл./л	520,0	-	11993,6
Биомасса, мг/л	0,226	-	3,786
Степень «цветения» воды	Слабое	-	Умеренное
Доминирующие виды	Виды р. <i>Cyclotella</i> , <i>Scenedesmus bicaudatus</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>	-	Виды р. <i>Pinnularia</i> , <i>Plankthotrix agardhii</i> , <i>Anabaena planctonica</i> , <i>Cymatopleura solea</i>
Индекс сапробности по численности	2,01	-	2,09
Индекс сапробности по биомассе	2,42	-	2,11
Зона сапробности	β-мезосапробная зона	-	β-мезосапробная зона

В среднем течении р. Алейки наблюдалось доминирование представителей диатомовых водорослей, составляющих 68 % по численности и 99 % по биомассе. В численности следует отметить роль зеленых водорослей с 21 % от общей численности (см. рис. 2, ст. 2). Доминировали по численности на этом участке реки виды р. *Navicula* и *Pandorina morum*, по биомассе – диатомовые крупноклеточные виды р. *Gomphonema*, *Cymatopleura solea* (Brébisson) W.Smith и *Pleurosigma attenuatum* (Kützing) W.Smith. В нижнем участке этой реки наблюдается смена видов, сопровождающаяся увеличением численности и уменьшением общей биомассы. Основа численности этого участка слагалась 78 % представителями зеленых и 17 % криптофитовых водорослей, основа биомассы – криптофитовые (56 %) и зеленые (37 %) водоросли (см. рис. 2–3). По численности доминировал представитель зеленых водорослей *Coelastrum microporum* Nägeli, по биомассе – представители криптофитовых водорослей *Cryptomonas erosa* Ehrenberg и *Cryptomonas ovata* (см. табл. 3).

Река Забава характеризовалась на всем протяжении преобладанием по численности и биомассе цианопрокариот, составляя от 57 % численности и 16 % биомассы в низовье до 66 % численности и 44 % биомассы в верховье реки. Доминантом из отдела цианопрокариот выступает *Anabaena planctonica* Brunthaler (см. рис. 2–3, табл. 3).

В верховье р. Забавы отмечены максимальные значения численности и биомассы, превышающие во много раз значения среднего и нижнего течений, и наблюдается интенсивное цветение воды. Помимо цианопрокариот следует отметить роль диатомовых (17 %) и зеленых (15 %) водорослей. Альгофлора верховья на 50 % численности представлена цианопрокариотами доминирующих видов *Merismopedia tenuissima* Lemmermann и *Anabaena planctonica* и 40 % биомассы *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen из отдела диатомовых и 16 % биомассы *Anabaena planctonica* (см. табл. 3).

Альгофлора среднего участка р. Забавы представлена в основном цианопрокариотами (58 % численности и 39 % биомассы), зелеными (26 % численности) и диатомовыми водорослями (13 % численности и 37 % биомассы). Доминирующие виды: *Plankthotrix agardhii* и *Anabaena planctonica*. На этом участке реки наблюдалось понижение развития фитопланктона, которое опять повышалось в низовье реки. В численности альгофлоры низовья также преобладали цианопрокариоты (58 %), зеленые (26 %) и диатомовые (13 %), а в биомассе заметна основная роль диатомовых водорослей, составляющих 67 %. Доминирующими видами в альгофлоре низовья являлись *Plankthotrix agardhii*, *Anabaena planctonica* (в численности) и виды р. *Pinnularia Cymatopleura solea Anabaena planctonica* (в биомассе), (см. рис. 2–3, табл. 3).

Из обнаруженных видов фитопланктона исследуемых рек более 42 % являются видами-индикаторами степени сапробности. Индексы сапробности по численности и по биомассе практически на всем протяжении рек находились в пределах категории «умеренно загрязненные» (β -мезосапробный класс), (см. табл. 3). Однако в низовьях р. Медвежьей (ст. 3) и в среднем течении р. Алейки (ст. 2) индексы сапробности по биомассе соответствовали значениям категории «грязных вод» (α -мезосапробный класс).

Был проведен также сапробиологический анализ вод малых рек по гидрохимическим показателям (табл. 4).

Согласно ГОСТ 17.1.2.04-77 [3] водотоки в июне 2018 г. оценивались как «умеренно загрязненные» по большинству исследованных гидрохимических показателей, что также соответствовало β -мезосапробному классу, причем в основном вниз по течению, по мере возрастания водности реки, качество их вод улучшалось (за некоторыми исключениями – биогенные вещества в р. Забавы). Такое состояние рек может обуславливаться загрязнением русла водотоков бытовыми отходами, поступлением диффузного стока и несанкционированными сбросами.

Таблица 4

Сапробность вод исследованных рек по гидрохимическим показателям

Table 4

The saprobity of the waters of the studied rivers by hydrochemical indicators

Показатели		Р. Медвежья			Р. Алейка			Р. Забава		
Станции		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Растворенный кислород, мг/л	%	78	85	66	74	78	72	65	78	42
	КС	бм	о	бм	бм	бм	бм	бм	бм	ам
Перманганатная окисляемость, мгО/л	мгО/л	12,19	12,81	21,08	10,85	9,18	11,68	11,56	11,15	15,58
	КС	бм	бм	ам	бм	о	бм	бм	бм	бм
Аммоний, мг/л	мг/л	0,451	0,264	0,731	0,074	0,083	0,119	1,701	0,196	0,442
	КС	бм	бм	ам	о	о	бм	п	бм	бм
Нитриты, мг/л	мг/л	0,008	0,019	0,037	0,013	0,012	0,001	0,013	0,016	0,032
	КС	о	о	о	о	о	кс	о	о	о
Фосфаты, мг/л	мг/л	0,061	0,038	0,155	0,051	0,045	0,029	0,082	0,066	0,041
	КС	бм	бм	ам	бм	бм	о	бм	бм	бм

Примечание. КС – классы сапробности: о – олигосапробность; бм – бетамезосапробность; ам – альфамезосапробность; п – полисапробность.

Заключение

В соответствии с нормативами качества воды для объектов рыбохозяйственного назначения [3] воды исследованных рек по большинству рассмотренных гидрохимических показателей отвечают предъявляемым требованиям. Превышение ПДК по ряду веществ (перманганатная окисляемость, азот аммонийный, нитриты, железо общее) отмечается в верховьях р. Медвежьей, что, вероятно, связано с бобровой плотиной. Значительное количество сгрызенной и складированной ими древесно-кустарниковой растительности, перегнивая, обогащает воду органическими, а затем и биогенными веществами.

Фитопланктон рек, по данным исследования, зелено-диатомово-эвгленовый, что характерно для рек умеренных широт европейской части России. Исследование состава доминирующих водорослей и уровень развития альгофлоры вдоль по течению рек показал достаточно схожую тенденцию к увеличению численности мелкоклеточных водорослей в верховьях. Максимальная степень вегетации отмечалась на р. Забаве, вверх по течению которой «цветение» воды усиливалось от умеренного до интенсивного. В цветении важно отметить основную роль *Anabaena planctonica* и *Plankthotrix agardhii*. Последний также отмечен в составе доминантов в р. Медвежьей. Данные виды часто сопутствуют летнему «цветению» водоемов и водотоков Северо-Запада России и являются потенциально токсичными [1].

Анализ экологического состояния показал, что индексы сапробности, вычисленные по численности и биомассе фитопланктона, варьировали от 1,94 до 2,65 и в основном соответствовали водам β-мезосапробного типа, за исключением среднего течения р. Алейки и нижнего течения р. Медвежьей, воды которых относились к α-мезосапробному типу.

В целом, по показателям развития фитопланктона и уровня содержания гидрохимических веществ воды малых рек Самбийского полуострова летом 2018 г. характеризовались III классом качества воды (умеренно-загрязненные), а экологическое состояние этих рек оценивалось как относительно удовлетворительное.

Список литературы

1. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 367 с.
2. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика: учеб. пособие / Берникова Т. А. [и др.]. М.: Колос, 2008. 304 с.
3. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2000. С. 51–62.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
5. Орленок В.В. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. Орленок В.В. Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. 276 с.
6. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» 13 декабря 2016 г.
7. Протасов В.Ф., Матвеев А.С. Экология. Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели. М., 2001. 205 с.
8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. Абакумова В.А. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 318 с.
9. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
10. Унифицированные методы исследования качества вод: Методы биологического анализа вод. М.: СЭВ, 1975. Ч. 3. 176 с.

Сведения об авторах: Бугранова Олеся Сергеевна, ведущий инженер кафедры «Ихтиология и экология»; e-mail: olesya.bugranova@klgtu.ru;

Цупикова Надежда Александровна, кандидат геолого-минералогических наук; доцент кафедры «Ихтиология и экология»; e-mail: tsoupikova@klgtu.ru;

Костыря Юлия Сергеевна, магистрант кафедры «Ихтиология и экология»; e-mail: yuliya_L25@mail.ru.