

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ на СОСТАВ и СТРУКТУРУ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРА

Изучены состав и структура фито- и зоопланктона некоторых малых рек бассейна Псковско-Чудского озера на участках с активным загрязнением недоочищенными сточными водами предприятий или населенных пунктов. Выявлено, что одним из основных факторов, определяющих состав и структуру планктонных сообществ, является органическое загрязнение, приводящее к повышению уровня трофии водотока.

Введение

Одной из важнейших практических задач современной экологии является контроль состояния водных объектов. Особенно чувствительны к антропогенной нагрузке малые речные бассейны, отвечающие на эту нагрузку негативными изменениями, которые ухудшают или ограничивают водопользование. Одним из наиболее важных последствий антропогенного пресса является нарушение природного биоразнообразия водных сообществ, в результате которого снижается их устойчивость и способность водных экосистем к самоочищению [1].

Реки Псковской области используются для водозабора и водосброса, т.е. служат природными коллекторами. Основными источниками загрязненных сточных вод, сбрасываемых в реки, являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства и агропромышленного комплекса.

Материалы и методы исследования

Материалом для работы служили пробы фито- и зоопланктона, собранные в 2010-2012 г на участках рек с активным загрязнением. Под «активным» понимается загрязнение недоочищенными сточными водами предприятий или населенных пунктов [2]. Всего нами обследовано 10 малых рек, которые относятся к Псковско-Чудско-Нарвскому озёрно-речному водосборному бассейну. Из них реки Гдовка, Пимжа, Старцева непосредственно впадают в Псковско-Чудское озеро, реки Утроя, Синяя и Крупия – в р. Великую, а остальные реки (Дубина, Лудонка, Пачковка и Кебца) – в ее притоки (рис. 1).

Все исследованные реки равнинного типа, с невысокими, иногда заболоченными берегами, с сильно меандрирующим руслом. Длина их варьирует от 13 до 195 км, глубина от 0,5 до 2,0 м, скорость течения 0,1–0,2 м/с. Самыми крупными реками являются Синяя, Пимжа и Утроя. Питание рек смешанное с преобладанием снегового, наиболее высокие температуры воды отмечаются в июле. В маловодные годы некоторые реки (Кебца, Лудонка) на отдельных участках пересыхают. По ионному составу воды реки относятся к водам гидрокарбонатного класса, группе кальция, степень минерализации, удельная электропроводность воды варьируют в широких пределах (табл. 1).

К сильно минерализованным относятся реки Лудонка, Синяя, Утроя, что связано с особенностями геологического строения их водосборов, близким залеганием и выходами на поверхность верхнедевонских известняков [3].

Д.Н. Судницына*, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии растений, ФГБОУ ВПО Псковский государственный университет

А.В. Черевичко, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Псковское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства

*Адрес для корреспонденции: acherevichko@mail.ru

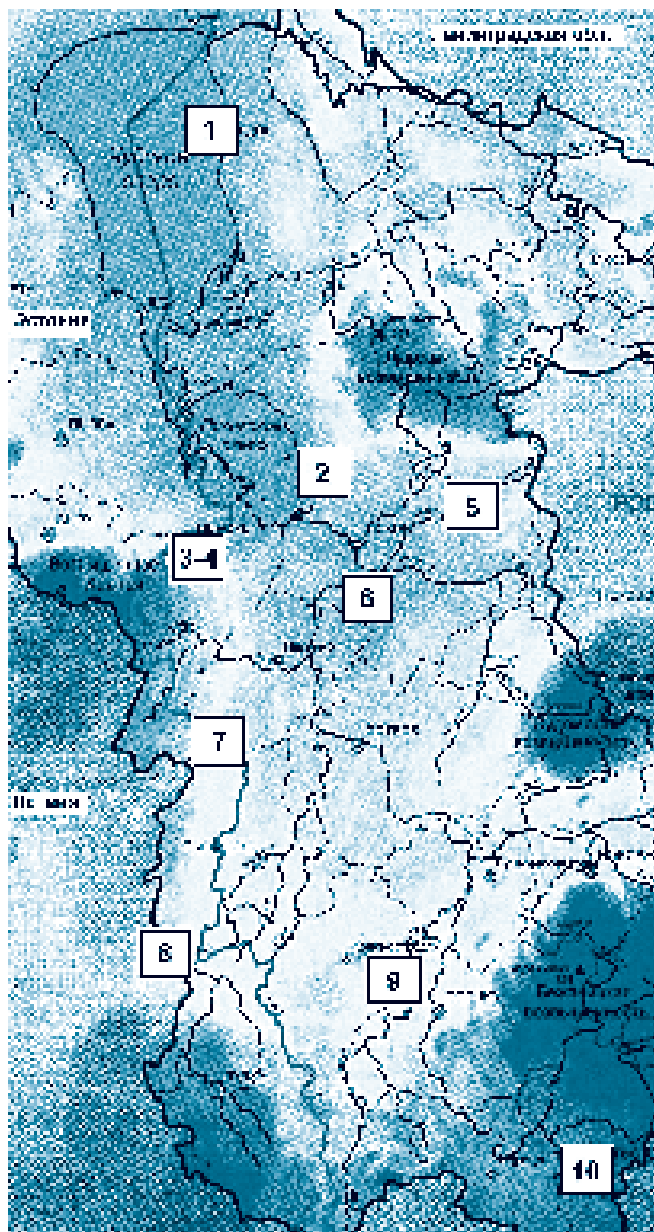


Рис. 1. Схема расположения исследованных участков рек.
 Реки: 1 – Гдовка, 2 – Старцева, 3 – Пимжа (Пиуза),
 4 – Пачковка, 5 – Кебца, 6 – Дубина, 7 – Лудонка, 8 –
 Утроя (Ритупе), 9 – Синяя, 10 – Крупия.

Сбор гидробиологического материала проводился на 3 станциях, расположенных в прибрежной части водотоков на расстоянии 300–500 м одна от другой: станция №2 – в районе сброса сточных вод в реку, станция №1 (условно фоновый участок) – выше по течению и станция №3 – ниже по течению реки.

При выборе методов исследования руководствовались нормативными документами в области контроля качества воды, в которых гидробионты используются как один из показателей: ГОСТ 17.1.3.07-82 [4, 5].

Отбор проб фитопланктона осуществляли с поверхности воды (объем 0,5 л) и фиксировали 40 %-ным формалином. После концентрации осадочным методом пробы просчитывали в камере Нажотта объемом 0,01 мл. Биомассу определяли общепринятым счетно-объемным методом [6]. Определение видов проводили с использованием определителей пресноводных водорослей [7-12]. Названия видов даны с учетом современных номенклатурных ревизий.

Отбор проб зоопланктона проводили фильтрованием 50 л воды через сеть Джеди (газ №64). Пробы фиксировали 40 %-ным формалином и обрабатывали в лаборатории стандартными гидробиологическими методами [13]. Количество организмов зоопланктона подсчитывали в камере Богорова, индивидуальную массу организмов определяли по средней длине, согласно уравнениям [14; 15]. Определяли видовой состав зоопланктона [16-18], число видов, численность (N), биомассу (B); индекс Шеннона (HN).

Для оценки степени загрязнения и определения качества воды проведен сапробиологический анализ сообществ – оценка состояния исследованных участков рек по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека [19].

Результаты и их обсуждение

В фитопланктоне исследованных участков рек выявлено 172 таксона водорослей рангом ниже рода, принадлежащих 6 отделам. Распределение по отделам следующее: *Cyanoprokaryota* – 24 (13,9 %), *Euglenophyta* – 13 (7,6 %), *Dinophyta* – 1 (0,6 %), *Chrysophyta* – 3 (1,7 %), *Bacillariophyta* – 98 (57,0 %), *Chlorophyta* – 33 (19,2 %). Основу фитопланктона составляют 4 отдела: диатомовые, зелёные, сине-зелёные и эвгленовые, что характерно для равнинных рек [20].

Видов, общих для всех рек, не обнаружено. Встречаемость более 70 % имеют *Cocconeis placentula* Ehr., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère in Jahn et al. – из диатомовых (*Bacillariophyta*), *Trachelomonas volvocina* Ehr. – из эвгленовых (*Euglenophyta*) и *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. – из зелёных (*Chlorophyta*).

В зоопланктоне исследованных участков рек было выявлено 65 видов организмов: 20 из них колероватки (*Rotatoria*), 14 веслоногие (*Copepoda*) и 31 ветвистоусые

Таблица 1

Некоторые гидрологические и гидрохимические (средние данные на фоновых станциях) показатели исследованных рек

Река	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Σ мг/л	σ, мкСм/см	НСО ₃ ⁻ , мг/л
Гдовка	23	150	174,1	289	117,2
Старцева	13	56	313,3	373	229,4
Пимжа	93	776	325,8	390	219,6
Пачковка	19	82	441,1	498	319,9
Кебца	36	155	441,1	498	319,9
Дубина	41	176	405,9	431	268,1
Лудонка	23	150	521,1	665	314,2
Утря	176	3000	405,9	431	268,1
Синяя	195	2040	445,8	358	212,3
Крупия	28	238	284,0	353	183,6

(*Cladocera*) ракообразные. Видовой состав зоопланктона исследованных участков рек вполне типичен для равнинных рек Северо-Запада России. Наиболее широко распространены кладоцеры семейства *Chydoridae*, а также *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller). Обычными по встречаемости были коловратки родов *Euchlanis* и *Keratella* и прибрежно-зарослевые виды копепоид: *Eucyclops serrulatus* (Fischer), *Thermocyclops crassus* (Fischer), *Megacyclops viridis* (Jurine).

Максимальное число видов планктонных водорослей отмечено в реках Гдовке (65) и Пимже (56), минимальное — в р. Старцеве (22 вида). Зоопланктон наиболее разнообразен в Гдовке и Крупии, минималь-

ное число видов планктонных животных отмечено в р. Пачковке (табл. 2).

Различие видового богатства планктонных сообществ во многом объясняется гидрологическими особенностями рек и степенью антропогенного влияния. Наибольшее число видов обнаружено на участках небольших по протяженности рек (20–30 км), расположенных на урбанизированных территориях: р. Гдовка (г. Гдов), р. Крупия (г. Пустошка), где дополнительное поступление органических веществ, очевидно, стимулирует развитие планктонных сообществ. Минимальное число видов фитопланктона и довольно низкое — зоопланктона отмечено на небольшой р. Старцеве (длина 13 км), расположенной вдали от крупных населённых пунктов. Для более крупных рек Утря, Пимжа, Дубина характерны средние показатели видового богатства фито- и зоопланктона.

В распределении видов по станциям выявлены следующие особенности: на участках, где сточные воды смешиваются с природными (ст. №2), как правило, число видов планктонных гидробионтов минимальное. Только в некоторых реках активное загрязнение привело к увеличению числа видов: Гдовка, Крупия, Лудонка (только фитопланктон), Дубина (только зоопланктон).

На загрязняемых участках рек Синяя и Пачковка отмечена высокая антропогенная нагрузка, о чем свидетельствуют высокие величины БПК₅ (5 мгО/л и выше), здесь в период летней межени организмы зоопланктона полностью отсутствовали.

Таблица 2

Общее число видов фито- и зоопланктона исследованных участков рек и распределение их по станциям (средние данные за вегетационный сезон)

Река	Фитопланктон			Зоопланктон				
	всего видов	ст. №1	ст. №2	ст. №3	всего видов	ст. №1	ст. №2	ст. №3
Гдовка	65	13	16	10	23	16	18	13
Старцева	22	4	3	5	13	8	6	9
Пимжа	56	8	6	10	14	7	6	9
Пачковка	28	7	8	9	8	3	4	4
Кебца	46	10	8	11	15	7	5	6
Дубина	39	14	7	7	19	10	14	18
Лудонка	34	8	10	5	15	10	7	8
Утря	30	12	9	11	19	11	9	11
Синяя	40	9	8	10	7	7	4	4
Крупия	46	8	19	11	20	10	12	10

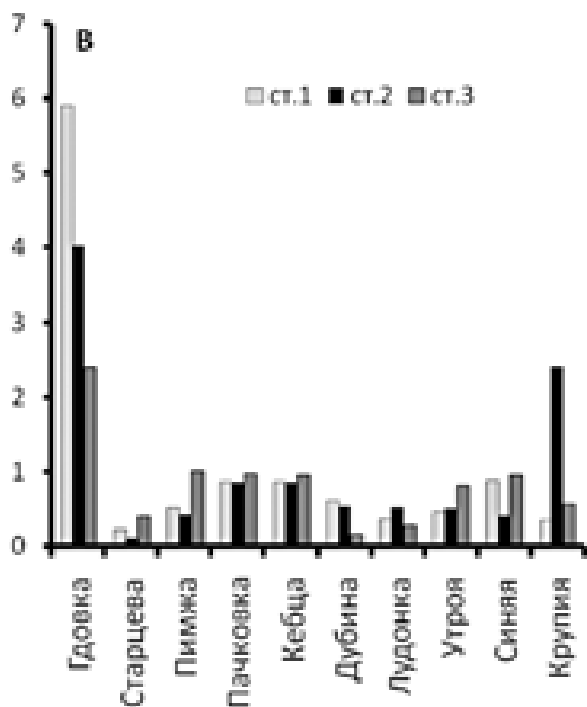


Рис. 2. Среднесезонная биомасса (г/м³) фитопланктона исследованных участков рек.

Количественные показатели планктонных сообществ исследованных участков рек колебались в широких пределах. Максимальные среднесезонные численность и биомасса фитопланктона (782,3 тыс. кл./л и 4,1 г/м³) и зоопланктона (36,1 тыс. экз./м³ и 0,5 г/м³) отмечены в р. Гдовке, минимальное количество водорослей (201,8 тыс. кл./л и 0,18 г/м³) характерно для р. Старцевы, планктонных беспозвоночных для р. Синей (0,14 тыс. экз./м³ и 0,001 г/м³).

Биомасса фитопланктона загрязняемого (ст. №2) участка реки, как правило, ниже условно фоновой (ст. №1), что свидетельствует о снижении интенсивности фотосинтеза, исключение составляют реки Крупия и Лудонка (рис. 2).

По показателям биомассы фитопланктона на фоновой станции большинство исследованных участков рек относятся к олиготрофной категории, за исключением рек Гдовка, Пачковка, Синяя. Сброс недоочищенных сточных вод повышает уровень трофии, что выражено в повышении биомассы водорослей на ст. №3 (ниже источника загрязнения).

Показатели биомассы зоопланктона исследованных участков рек не однозначны.

В ряде случаев для рек: Старцева, Пачковка, Дубина, Лудонка отмечено заметное развитие сообщества (увеличение биомассы) на станции сброса сточных вод (ст. №2), что может соответствовать стадии стимуляции – массовым развитием зоопланктеров–фильтраторов в ответ на повышение трофности среды. В некоторых реках (Кебца, Крупия и Гдовка) отмечено снижение биомассы зоопланктона на загрязняемом участке, что может соответствовать стадии угнетения в результате избыточного содержания в воде органики антропогенного происхождения (рис. 3).

В целом изменения количества фито- и зоопланктона на загрязняемой станции по сравнению с фоновой более выражены в маленьких речках и менее заметны в более крупных водотоках (Утроя, Пимжа, Синяя).

Сапробиологический анализ планктонных сообществ позволяет отнести исследованные участки рек к умеренно загрязненным органическим веществом («удовлетворительной чистоты» по комплексной классификации). Индексы сапробности соответствуют III классу качества, бетамезосапробной зоне самоочищения (табл. 3). Величина индекса по фитопланктону, как правило, выше, чем по зоопланктону.

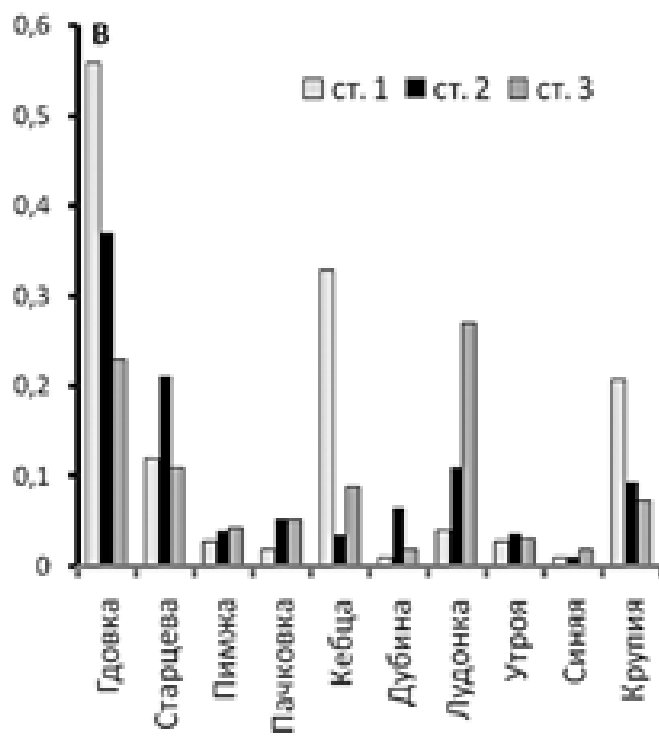


Рис. 3. Среднесезонная биомасса (г/м³) зоопланктона исследованных участков рек.

Таблица 3

Среднесезонные (min-max) индексы сапробности исследованных рек

Река	Индексы сапробности	
	по фитопланктону	по зоопланктону
Гдовка	2,36 (2,31–2,40)	1,59 (1,30–2,02)
Старцева	2,20 (2,10–2,26)	1,64 (1,46–1,78)
Пимжа	2,08 (1,90–2,40)	1,57 (1,55–1,65)
Пачковка	2,22 (2,00–2,60)	2,40 (1,85–2,65)
Кебца	2,01 (1,90–2,12)	2,23 (1,68–2,55)
Дубина	2,50 (2,19–2,48)	1,66 (1,50–1,83)
Лудонка	2,28 (2,12–2,40)	1,52 (1,42–1,58)
Угроя	2,13 (1,96–2,26)	1,67 (1,51–1,98)
Синья	2,23 (1,98–2,62)	-
Крупия	2,32 (2,01–2,50)	1,68 (1,55–1,95)

Примечание: «-» недостаточное число видов для расчета индекса

Заключение

Таким образом, по структурным показателям фито- и зоопланктона наиболее загрязнёнными реками следует считать Гдовку, Крупию и Синюю. Известно, что структурные особенности планктонных сообществ в реках, определяются, прежде всего, морфометрией и гидрологическими факторами [21]. Как показывают наши данные, на участках рек с активным загрязнением одним из основных факторов, определяющих структуру сообществ, является органическое загрязнение, приводящее к повышению уровня трофии водотока.

В ряде исследований показано, что процесс эвтрофирования рек чаще всего идет гетеротрофным путем [22]. В местах сброса сточных вод происходит снижение интенсивности фотосинтеза фитопланктона, но здесь же отмечается увеличение показателей численности и биомассы животных при снижении их видового богатства и разнообразия. Такая закономерность прослеживается и для большинства исследованных рек Псковско-Чудско-Нарвского бассейна на участках активного загрязнения. Изменения структуры планктонных сообществ исследованных участков наиболее выражены в очень малых реках (длина до 30 км) и наименее заметны в водотоках длиной около 100 км и более.

С позиций концепции экологических модификаций [23] исследованные акватории рек по гидробиологическим показателям находятся в состоянии антропогенного на-

Ключевые слова: малые реки, фитопланктон, зоопланктон, структурные показатели, органическое загрязнение.

пряжения с элементами экологического регресса.

Литература

1. Трифонова И. С. Биоиндикация в лимнологическом мониторинге // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: Ин-т озеровед. РАН, 2007. С. 23-28.
2. Андрушайтис Г. П. О применении экспресс-методов в мониторинге поверхностных вод / Г. П. Андрушайтис, А. Г. Мельберга, В. И. Родионов, П. А. Цимдень // Проблема фоновоего мониторинга состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1984. Вып. 2. С. 103-106.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 527 с.
4. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумов и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 220 с.
6. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. 367 с.
7. Водоросли. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
8. Барина С. С. Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.
9. Голлербах М. М. Синезелёные водоросли — Cyanophyta (Определитель пресноводных водорослей СССР; Вып. 2) / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. М.: Наука, 1953. 652 с.
10. Забелина М. М. Диатомовые водоросли (Определитель пресноводных водорослей СССР; Вып. 4) / М. М. Забелина, И. А. Киселёв, А. И. Прошкина-Лавренко, В. С. Шешукова. М.: Наука, 1951. 619 с.
11. Матвиенко А. М. Золотистые водоросли (Определитель пресноводных водорослей СССР; Вып. 3). М.: Наука, 1954. 188 с.
12. Флора водоростей Украины. Т. I. Синьозелені водорості. Вип. I. Порядок хроококальні / О. В. Коваленко. Киев: ИБ НАН України 2009. 397 с.
13. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1984. 33 с.

14. Балушкина Е. В. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Е. В. Балушкина, Г. Г. Винберг // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л.: ЗИН АН СССР, 1979. С. 58-72.
15. Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 1977. № . 8. P. 71-76.
16. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Под ред. Кутиковой Л. А., Старобогатова Я. И. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.
17. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С.Я. Цалолихина. Т. 1. Низшие беспозвоночные. СПб.: ЗИН РАН, 1994. 395 с.
18. Определитель пресноводных беспозвоночных России./ Под ред. Цалолихина.С.Я. Том 2. Ракообразные. СПб.: ЗИН РАН, 1996. 350 с.
19. Sladeček V. System of water quality from biological point of view //Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 1973. Bd. 7. S. 1–218.
20. Охапкин А. Г. История и основные проблемы изучения речного фитопланктона //Бот. журн. 2000. Т. 85. № 10. С. 1–14.
21. Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов / Под ред. Трифионовой И. С. СПб.: Ин-т озероведения РАН, 2006. 129 с.
22. Алимов А. Ф. Элементы функционирования водных экосистем. СПб. Наука, 2001. 147 с.
23. Абакумов В. А. Основные направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения окружающей среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1979. Т. 2. С. 37-48.

D.N. Sudnitsyna, A.V. Cherevichko

INFLUENCE OF ACTIVE POLLUTION ON COMPOSITION AND STRUCTURE OF PLANKTON COMMUNITIES IN SMALL RIVERS OF PSKOVSKO-CHUDSKOE LAKE BASIN

Composition and structure of phyto- and zooplankton of some small rivers in the Pskovsko-Chudskoe (Peipsi) Lake basin were studied in areas with active pollution by unrectified wastewater of plants or settlements. It was revealed that one of the main factors determining composition and structure of plankton communities is organic pollution, leading to increased levels of trophic status of a water source.

Key words: small rivers, phytoplankton, zooplankton, structural indicators, organic pollution