

УДК 556.115:556.524:504.61 (282.247.211)

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДЫ ПРИТОКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

**Е. В. Теканова, Е. М. Макарова, Н. М. Калинкина**

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН*

Показаны количественное развитие и пространственная динамика важнейших эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона в р. Лососинке и Неглинке г. Петрозаводска (олигокарбофилы, сапрофиты, фенолрезистентные, углеводородокисляющие и общие колиформные бактерии). Рассмотрено влияние гидрометеорологического фактора на изученные группы бактериопланктона. По уровню развития индикаторных групп гетеротрофных бактерий выявлено загрязнение воды легкоминерализуемым органическим веществом, в том числе фекального происхождения, и нефтяными углеводородами. Установлено, что речная вода относилась к  $\beta$ -,  $\alpha$ -мезосапробному классу вод с признаками загрязнения и эвтрофирования. Обилие потенциально патогенной микрофлоры в воде изучаемых рек на урбанизированной территории исключало возможность их рекреационного использования. Биотестирование показало, что вода городских рек не оказывала токсического воздействия на стандартные тест-объекты – ракообразных *Ceriodaphnia affinis*.

Ключевые слова: малые реки; загрязнение воды; бактериопланктон; эколого-трофические группы; биоиндикация; санитарное состояние; биотестирование; рекреация.

### **E. V. Tekanova, E. V. Makarova, N. M. Kalinkina. AN ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE WATER OF LAKE ONEGO INFLOWING STREAMS UNDER HUMAN IMPACT INFLUENCE USING MICROBIOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL PARAMETERS**

The quantitative growth and spatial dynamics of major ecotrophic groups of heterotrophic bacterioplankton in rivers Lososinka and Neglinka in Petrozavodsk (oligocarbophilic, saprophytic, phenol-resistant, hydrocarbon oxidizing, and total coliform) are shown. The effect of the hydrometeorological factor on the investigated groups of bacterioplankton was considered. Water pollution by labile organic matter, including fecal organic matter and oil products was indicated by the level of development of indicator groups of heterotrophic bacteria. The river water was classified into the  $\beta$ -,  $\alpha$ -mesosaprobic class with signs of pollution and eutrophication in the studied period. The abundance of potentially pathogenic microorganisms in the water of these urban rivers excluded the possibility of their recreational use. The bioassay showed that water in the urban rivers had no toxic effect on standard test objects – the crustacean *Ceriodaphnia affinis*.

Keywords: small rivers; water pollution; bacterioplankton; ecotrophic groups; bioindication; bioassay; organic matter; sanitary condition; recreation.

Городские водные объекты находятся под постоянным антропогенным воздействием, в результате чего экосистемы небольших рек и озер быстро деградируют. Водоёмы и водотоки перестают выполнять рекреационную функцию, могут стать причиной ухудшения качества воды своих водоприемников – крупных озер и рек. Проблема масштабного загрязнения малых рек России стала темой Парламентских слушаний в Федеральном Собрании РФ в 2003 г. Среди мер по решению экологических проблем малых рек была названа оптимизация мониторинга их состояния на основе сочетания гидрохимических, гидробиологических и токсикологических наблюдений [Рекомендации..., 2004].

Важными составляющими биомониторинга водных экосистем являются биоиндикация и биотестирование. Индикаторная значимость бактериального звена и его ведущая роль в самоочищении воды определяется разнообразием способов функционирования бактерий и существованием разных эколого-трофических групп, способных к специфической (облигатной или факультативной) утилизации веществ различного, в том числе антропогенного, происхождения, недоступных другим организмам. Кроме того, высокая скорость метаболизма и короткое время генерации микроорганизмов дают им возможность гораздо быстрее, чем другим компонентам биоты, реагировать на меняющиеся условия среды. Биотестирование воды представляет собой экспрессный метод выявления опасной ситуации, связанной с поступлением в водотоки токсичных веществ, который позволяет дать интегральную характеристику совокупного действия токсикантов на биоту [Калинкина и др., 2013].

Подробная биоиндикация антропогенно нарушенных экосистем малых и средних водотоков России по микробиологическим показателям проведена в Поволжье [Бухарин и др., 2007; Романенко, 2007, и др.] и на Дальнем Востоке [Гаретова, 2008, и др.]. На реках урбанизированных территорий Карелии Лососинке и Неглинке микробиологические исследования выполнены в 2001 и 2002 гг. [Тимакова, 2010]. Природные поверхностные воды Карелии отличаются большим содержанием гумусовых веществ, низкой минерализацией, слабокислой реакцией среды, низкими температурами. Природные особенности химического состава поверхностных вод, наряду с антропогенным загрязнением, оказывают влияние на развитие бактериопланктона. В связи с этим продолжение микробиологических исследований на реках Карелии в условиях урбанизации представляется весьма

актуальным, в том числе для дальнейшего поиска подходов к решению проблемы региональной классификации состояния воды по микробиологическим показателям.

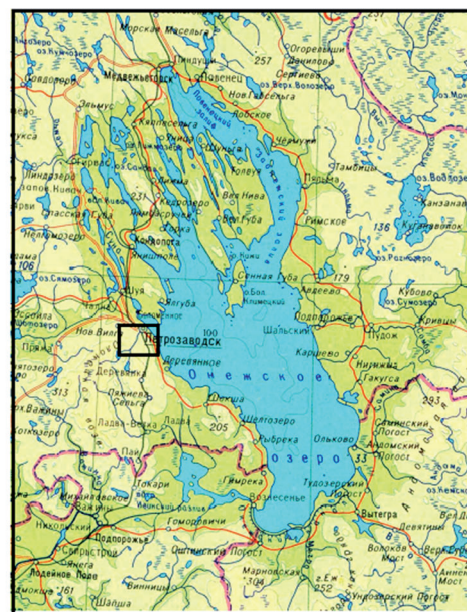
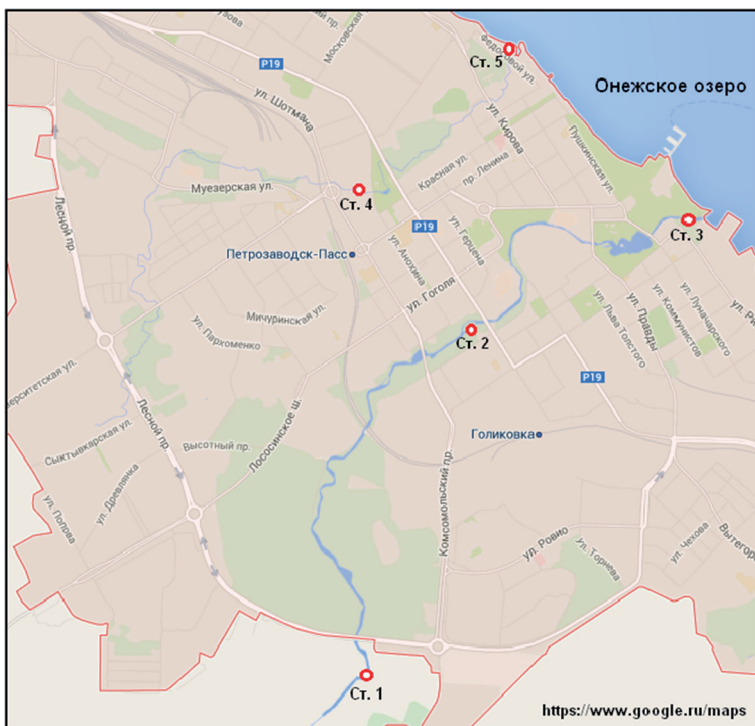
Целью настоящей работы была оценка состояния воды рек г. Петрозаводска по микробиологическим и токсикологическим показателям. Для выполнения работы решались следующие задачи: 1) определить количественный уровень важнейших эколого-трофических групп бактериопланктона; 2) по показателю сапробности, индексу трофии и загрязненности оценить эколого-санитарное состояние речной воды; 3) по санитарно-бактериологическим показателям выявить возможность рекреационного использования рек; 4) выполнить биотестирование образцов воды с использованием стандартного тест-объекта.

## Материал и методы исследования

Исследования проводились на реках г. Петрозаводска Лососинке и Неглинке, расположенных в среднетаежной подзоне Карелии и принадлежащих к водосборному бассейну Онежского озера. Оба водотока относятся к категории малых рек. Река Лососинка (длина 25 км, глубина 0,4–3,0 м) берет начало из озера Лососинное, в черте Петрозаводска протекает 12 % ее русла. Река Неглинка (длина 14 км, глубина 0,2–1,0 м) истекает из болотистой ламбы на окраине города, около 50 % ее русла расположено на городской территории [Каталог..., 2001; Карпечко, 2013].

Воды Лососинки и Неглинки характеризуются высоким содержанием органического вещества гумусной природы и относятся к мезополигумусному классу. На загрязнение воды указывает повышенное содержание легкоминерализуемого органического вещества, биогенных веществ, нефтепродуктов [Сабылина, 1999; Рыжков, Горохов и др., 2012]. Река Неглинка отличается высокой минерализацией воды вследствие большой доли подземного стока в питании реки [Бородулина, 2013].

Отбор проб воды проводился в летний период (июнь–август) 2011–2012 гг. в условно фоновом участке р. Лососинки за городской чертой, в районе «Агробазы» (ст. 1) и на двух участках в условиях урбанизации в Центральном районе города – около гимназии № 37 (ст. 2) и в приустьевой части реки за туркомплексом «Карелия» (ст. 3). На р. Неглинке пробы отбирались только на урбанизированной территории в Центральном районе Петрозаводска – ниже железнодорожного депо (ст. 4) и в приустьевой части реки на ул. Федосовой (ст. 5) (рис.).



Карта района исследований и расположение точек отбора проб на реках Лососинке и Неглинке (<https://www.google.ru/maps/place>). Дата обращения: 02.12.1014)

В воде определялись следующие эколого-трофические группы гетеротрофного бактериопланктона: 1) олигокарбофильные бактерии (ОКБ); 2) сапрофитные бактерии (СБ); 3) углеводородокисляющие бактерии (УОБ); 4) фенолрезистентные бактерии (ФРБ); 5) общие колиформные бактерии, или бактерии группы кишечной палочки (БГКП).

Для количественной оценки изучаемых групп бактериопланктона применялся метод глубинного посева на агаризованную среду. При этом СБ высевались на рыбо-пептонный агар (РПА), ОКБ – на среду РПА (в разведении РПА: 10), ФРБ – на среду РПА с добавлением фенола [Кузнецов, Дубинина, 1989]. УОБ учитывались на среде Диановой–Ворошиловой с добавлением очищенного агара Дифко. Перед посевом в среду добавлялась солярка, в качестве эмульгатора солярки использовался ТВИН-80 [Унифицированные методы..., 1985; Руководство..., 1992]. Длительность инкубации составляла 3–10 суток при  $t = 20-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Полученные данные выражались в количестве колониобразующих единиц (КОЕ).

БГКП определялись методом мембранной фильтрации через фильтры Millipore с диаметром пор 0,45 мкм [Методические указания..., 1981]. Колонии выращивались на агаризованной среде Эндо при  $t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 24 час с последующим выполнением отрицательного

цитохромоксидазного теста. Результаты теста выражались в Coli-ind.

Эколого-санитарное состояние рек (сапробность, загрязненность, индекс трофии) оценивалось по количеству сапрофитных, олигокарбофильных, фенолрезистентных и углеводородокисляющих бактерий [Оксиук и др., 1993; Руководство..., 1992], санитарно-бактериологическое – по величине Coli-ind в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами Минздрава России [Гигиенические требования..., 2000].

Для биотестирования образцы речной воды отбирались в июле 2010 г. на р. Лососинке (3 станции) и в июне 2012 г. на р. Неглинке (19 станций). Станции отбора проб располагались на городских участках изучаемых рек. В экспериментах использовался стандартный тест-объект ветвистоусые рачки *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg (Crustacea, Cladocera) [Жмур, 2001]. Культура *C. affinis* была предоставлена старшим научным сотрудником Института биологии внутренних вод РАН И. В. Чаловой. В сосуды наливали по 100 мл пробы воды и помещали по 5 экз. рачков. Продолжительность опыта составляла 7 сут., повторность выполнения – 2-кратная. Контролем служила грунтовая вода, на которой выращивалась культура цериодафний. Всего в опытах было использовано 200 экз. рачков.

## Результаты и обсуждение

В период исследований численность изученных эколого-трофических групп бактерий в воде р. Лососинки на территории города существенно варьировала, достигая высоких значений (табл. 1). Количество ОКБ обнаруживалось в пределах от 2,9 до 16,6 тыс. КОЕ/мл, СБ – от 1,0 до 12,9 тыс. КОЕ/мл, УОБ – от 0,05 до 1,29 тыс. КОЕ/мл, ФРБ – от 0,03 до 3,11 тыс. КОЕ/мл, БГКП – от 4,1 до 188,2 тыс. кл./л.

Летние периоды 2011 и 2012 годов различались по гидрометеорологическим условиям. Суммарное количество осадков в 2011 г. на территории г. Петрозаводска (211,8 мм) соответствовало климатической норме за этот период (212 мм), в 2012 г. – существенно превышало ее (274,1 мм). Средняя за летние месяцы температура воздуха в 2011 г. была на 1,5 °С выше, чем в 2012 г. Оценить влияние погодных условий на развитие бактериопланктона р. Лососинки в привязке к точке исследования оказалось затруднительно, так как наряду с гидрометеорологическим мощное влияние на экосистему реки оказывает антропогенный фактор, и загрязнение различного рода органическим веществом служит дополнительным субстратом для бактерий. Количество бактерий одних групп (СБ, ОКБ) оказалось в 1,2–2 раза выше сухим и теплым летом 2011 г., других (ФРБ, БГКП) – в 1,3–9 раз выше дождливым летом 2012 г.

Более отчетливо погодные особенности лета отражались в пространственной динамике бактериопланктона р. Лососинки. Обогащение воды терригенным органическим веществом в черте города оба года проявлялось в последовательном увеличении количественных показателей всех изученных групп бактерий от условно фонового участка к устью (см. табл. 1). Однако более выражен этот градиент был сухим и теплым летом 2011 г. Так, разница в количестве ОКБ между условно фоновым участком и участком в районе гимназии № 37 достигала 3 раз, между фоновым и приустьевым участками – 5 раз, а в 2012 г. – 1,3 и 2 раз соответственно. Для СБ эта разница в 2011 г. достигала 5 и 9 раз, в 2012 г. – 1,6 и 2,3 раза соответственно; для ФРБ в 2011 г. – 2 и 4 раз, в 2012 – 2 и 1,7 раза соответственно; для УОБ в 2012 г. – 1,8 и 4 раз соответственно. Наибольший градиент численности был обнаружен летом 2011 г. в развитии БГКП, когда Coli-ind в речном участке у гимназии № 37 оказался в 38 раз больше, чем в условно фоновом районе, а в приустьевом участке был в 62 раза выше

фонового против 4 и 5 раз соответственно летом 2012 г.

Увеличение численности гетеротрофного бактериопланктона в нижнем течении р. Лососинки (см. табл. 1) может выступать косвенным показателем неполной деструкции, незавершенности трансформации поступающего в водоток терригенного органического вещества, в том числе антропогенного происхождения.

В р. Неглинке количество бактерий изученных эколого-трофических групп в исследованный период было выше по сравнению с р. Лососинкой (табл. 2). Численность ОКБ в городской черте достигала 2,2–23,8 тыс. КОЕ/мл, СБ – 2,0–15,7 тыс. КОЕ/мл, ФРБ – 1,1–12,5 тыс. КОЕ/мл, УОБ (2012 г.) – 0,2–1,8 тыс. КОЕ/мл, БГКП – 165,5–440,0 тыс. кл./л. В каждом из двух мест отбора проб отчетливо наблюдались более высокие показатели численности бактериопланктона (в 1,5–4 раза) в дождливом 2012 г. по сравнению с 2011 г. То же самое отмечалось и при сравнении рек Лососинки и Неглинки по средним в черте города показателям обсемененности воды бактериями соответствующих групп в 2011 и 2012 гг. Вероятно, что из-за меньших размеров р. Неглинки атмосферные осадки и терригенный сток оказывают более сильное влияние на состояние бактериопланктона, и поэтому после сильных дождей в его составе преобладает аллохтонная и бентосная бактериофлора.

Отсутствие фонового участка затрудняло однозначную оценку тренда в динамике численности изученных групп бактериопланктона по направлению к устью р. Неглинки, хотя на этом участке отмечалось некоторое снижение их количества по мере приближения к району у железнодорожного депо (см. табл. 2).

Полученные данные о состоянии гетеротрофного бактериопланктона рек Лососинки и Неглинки позволили оценить эколого-санитарное и санитарно-бактериологическое состояние их воды в период исследований (табл. 3). Уровень развития СБ, индикаторов активности процесса самоочищения воды в городской части рек Лососинки и Неглинки указывал на β-, α-мезосапробный характер вод, в условно фоновой части р. Лососинки класс сапробности снижался до олиго-, β-мезосапробного. Индекс трофии (или загрязненности) вод, рассчитанный по соотношению ОКБ и СБ, находился в пределах от 2 до 3, что свидетельствовало об эвтрофировании и (или) загрязнении всех изученных участков рек. Небольшое повышение индекса трофии (или загрязненности) отмечалось в условно фоновом участке р. Лососинки и в приустьевом

Таблица 1. Численность эколого-трофических групп гетеротрофных бактерий в воде р. Лососинки

Год	Район города	Исследуемый участок	СБ	ОКБ	ФРБ	УОБ	БГКП, Coli-ind
2011	За пределами города	Условно фоновый, «Агробаза»	0,53-0,73*	0,69-2,15	0,00-1,08	-**	1415-4146
			0,56	1,69	0,22		2781
			1,02-5,43	3,08-8,41	0,03-2,46		75603-136282
2012	Центральный	Около гимназии № 37	2,95	5,48	0,44		105943
			2,30-12,95	4,00-16,58	0,06-2,86		156757-188288
			5,28	9,22	0,90		172522
2012	За пределами города	Приустьевый, около туркомплекса «Карелия»	0,86-3,80	2,90-6,14	0,07-3,70	0,05-0,63	3097-4290
			1,22	3,53	0,69	0,19	3693
			1,21-6,80	2,84-7,69	0,56-3,11	0,14-0,92	4098-28182
2012	Центральный	Около гимназии № 37	1,99	4,71	1,40	0,34	13602
			2,18-3,70	4,02-9,38	0,33-3,06	0,15-1,29	7377-162229
			2,80	6,91	1,19	0,77	18778

Примечание. Здесь и в табл. 2: \* над чертой – min-max, под чертой – среднее значение; \*\* исследование не проводилось.

Таблица 2. Численность эколого-трофических групп гетеротрофных бактерий в воде р. Неглинка

Год	Район города	Исследуемый участок	СБ	ОКБ	ФРБ	УОБ	БГКП (Coli-ind)
2011	Центральный	Ниже ж/д депо	1,99-5,25*	3,03-13,47	3,18-12,52	-	250909-278378
			3,27	8,82	3,53		264643
			1,97-3,07	8,01-8,75	1,09-10,71		173874-176577
2012	Центральный	Приустьевый, ул. Федосовой	2,03	8,07	1,86		175225
			5,87-15,75	10,13-23,83	1,73-10,70	0,24-1,76	-
			9,36	15,40	5,88	0,86	
2012	Центральный	Ниже ж/д депо	2,70-13,20	2,20-21,00	2,04-11,23	0,16-1,32	165545-440000
			6,92	9,72	6,92	0,75	302272

Таблица 3. Эколого-санитарное состояние воды рек Лососинки и Неглинки по микробиологическим показателям

Река	Исследуемый участок	Индекс трофии (загрязненности)	Сапробность	Загрязнение нефтяными углеводородами (2012 г.)	Рекреационное использование
Лососинка	Условно фоновый, «Агробаза»	3,0	олиго-, β-мезосапробная	нет	да
	Около гимназии № 37	2,1	β-мезосапробная	нет	нет
	Приустьевый, около туркомплекса «Карелия»	2,4	β-, α-мезосапробная	есть	нет
Неглинка	Ниже ж/д депо	2,0	β-, α-мезосапробная	есть	нет
	Приустьевый, ул. Федосовой	3,0	β-, α-мезосапробная	есть	нет

участке р. Неглинки и отражало некоторое снижение уровня трофии и (или) меньшую степень загрязнения воды в этих частях рек. Индикатором загрязнения воды р. Неглинки и приустьевой части р. Лососинки нефтяными углеводородами были численности УОБ, утилизирующих эти соединения, более 1000 КОЕ/мл [Руководство..., 1992]. Аналогичный количественный критерий (1000 КОЕ/мл) существует и для индикации фенольного загрязнения воды ФРБ, способными к росту в присутствии фенола. Превышение численности ФРБ отмечалось в обеих реках, в том числе и в условно чистом районе р. Лососинки. Учитывая особенности химического состава воды [Сабылина, 1999; Рыжков, Горохов и др., 2012], обогащение воды фенольными соединениями, помимо их антропогенного поступления с городской территории, может быть связано с высоким природным содержанием гумусовых веществ в реках. Тем не менее в 4–5 раз более высокие численности ФРБ в р. Неглинке по сравнению с р. Лососинкой, возможно, определяются ее большей загрязненностью фенолами и их производными антропогенного происхождения.

Обсемененность городской части рек БГКП часто значительно превышала действующие нормы СанПиН для водных объектов рекреационного использования и свидетельствовала о наличии фекального загрязнения, что делало оба водотока непригодными для отдыха горожан летом 2011 и 2012 гг. Наибольшим содержанием потенциально патогенной микрофлоры характеризовалась вода р. Неглинки. При этом в условно фоновом участке р. Лососинки численность БГКП не превышала установленные нормативы.

Биотестирование р. Лососинки в июне 2010 г. показало, что образцы воды, отобранные в среднем течении и в устье реки, не проявили токсического действия на вид *C. affinis*.

Токсикологические исследования на р. Неглинке показали, что ни один образец воды в черте города не обладал токсическим действием. Выживаемость *C. affinis* к концу 7-дневного эксперимента во всех вариантах опыта была стопроцентной. Сходные результаты были получены при биотестировании воды устьевое участка р. Неглинки в 1992–2003 гг. с использованием ветвистоусого рачка *Daphnia magna* Straus [Рыжков, Артемьева, 2004], когда было показано, что в 95 % исследованных проб выживаемость дафний в опытах была абсолютной (100 %). В то же время вода на участке реки, расположенном в верхнем течении, за пределами г. Петрозаводска, в 60 % проб была летальной для этих животных [Рыжков,

Артемьева, 2004]. Наблюдаемое различие в токсичности объясняется низкими значениями рН воды (до 4,5) в верхнем течении р. Неглинки, что и определяло негативное действие речных вод на дафний. В то же время в нижнем течении величина рН возрастала. Кроме того, в устье реки увеличивается количество взвешенного органического вещества антропогенного происхождения, которое способствует детоксикации тяжелых металлов [Рыжков, Артемьева, 2004].

## Заключение

Таким образом, анализ полученных данных и сравнение их с результатами исследований бактериопланктона городских рек, предпринятых в 2002 и 2003 гг. [Тимакова, 2010], показали, что за 10-летний период изменения эколого-санитарного состояния воды по микробиологическим показателям не произошло. Так, определенная нами сапробность воды рек Лососинки и Неглинки в черте города совпала с оценкой 2002 и 2003 гг.; вполне согласуется и уровень количественного развития ФРБ и УОБ. В то же время санитарно-бактериологическое состояние рек Лососинки и Неглинки летом 2011 и 2012 гг. было значительно хуже. Лишь в условно фоновом участке р. Лососинки и в 2002–2003, и в 2011–2012 гг. обсемененность воды потенциально патогенной микрофлорой не превышала нормативы для водоемов рекреационного использования.

Анализ результатов токсикологических исследований, включая литературные данные, свидетельствует об отсутствии токсических свойств воды городских участков рек Лососинки и Неглинки. Скорее всего, это объясняется высоким уровнем в речных водах гуминовых веществ, образующих комплексные соединения с тяжелыми металлами и токсикантами органического происхождения, что приводит к формированию в воде их нетоксичных форм. Токсиканты, связанные с органическим веществом, могут осаждаться на дне рек. Изучение этих процессов представляет актуальную тему будущих исследований.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00766).*

## Литература

Бородулина Г. С. Подземные воды // Водные объекты города Петрозаводска: Учебное пособие / Ред.

А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. С. 31–41.

Бухарин О. В., Немцева Н. В., Плотноков А. О., Яценко-Степанова Т. Н. Комплексный микробиологический анализ воды реки Чапаевка // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / Ред. О. В. Бухарин, Г. С. Розенберг. М.: Наука, 2007. С. 178–183.

Гаретова Л. А. Количественные оценки экологического состояния малых рек Хабаровского края // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 111–122.

Гигиенические требования к охране поверхностных вод: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.5.980–00). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000.

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодородности цериодафний. М.: АКВАРОС, 2001. 52 с.

Калинкина Н. М., Сидорова А. И., Гридина А. А. Биотестирование воды реки Лососинки с использованием двух видов ракообразных // Водные объекты города Петрозаводска: Учебное пособие / Ред. А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 84–86.

Карпечко В. А. Гидрографическая и гидрологическая характеристика водотоков // Водные объекты города Петрозаводска: Учебное пособие / Ред. А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2013. С. 25–27.

Каталог озер и рек Карелии / Ред. Н. Н. Филатов, А. В. Литвиненко. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2001. 290 с.

Кузнецов С. И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 285 с.

Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов / Мин-во здравоохранения СССР. М., 1981. 36 с.

Оксиюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П. и др. Комплексная экологическая классификация поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.

Рекомендации Парламентских слушаний «Экология малых рек России: проблемы и пути их решения» // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: обзорная информация, 2004. № 8. С. 72–79.

Романенко А. В. Бактериопланктон // Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды / Ред. А. В. Крылов, А. А. Бобров. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. С. 101–110.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ред. В. А. Абакумов. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Рыжков Л. П., Артемьева Н. В. Изменение биологического качества воды реки Неглинки – притока Онежского озера под влиянием антропогенной нагрузки // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, биология, охрана: тезисы докладов Всероссийской конференции. Борок, 2004. 75 с.

Рыжков Л. П., Горохов А. В., Марченко Л. П. Трансформация химического состава вод реки Лососинки под воздействием природных и антропогенных

факторов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета, 2012. № 8, Т. 1. С. 20–24.

Сабылина А. В. Современный гидрохимический режим озера // Онежское озеро. Экологические проблемы / Ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. С. 58–108.

Тимакова Т. М. Микробиологическая оценка состояния урбанизированных притоков Онежского озера // Социально-экономические аспекты

устойчивого развития человечества: материалы I Международной научно-практической конференции (Москва-Пенза, 13–14 мая 2010 г.) / Ред. И. И. Маслова, С. А. Коркина. М.: Академия МНЭПУ, 2010. С. 91–98.

Унифицированные методы исследования качества вод // Микробиологические методы. М.: Секретариат СЭВ, 1985. Ч. 4. 270 с.

Поступила в редакцию 20.12.2014

## References

Borodulina G. S. Podzemnye vody [Underground waters]. Vodnye ob'ekty goroda Petrozavodsk: Uchebnoe posobie [Water objects of Petrozavodsk. Manual]. Eds. A. V. Litvinenko, T. I. Regerand. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2013. P. 31–41.

Bukharin O. V., Nemtseva N. V., Plotnikov A. O., Yatsenko-Stepanova T. N. Kompleksnyi mikrobiologicheskii analiz vody reki Chapaevka [Complex microbiological analysis of the Chapaevka River waters]. Bioindikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya ravninnykh rek [Bioindication of the ecological state of lowland rivers]. Eds. O. V. Bukharin, G. S. Rozenberg. Moscow: Nauka, 2007. P. 178–183.

Garetova L. A. Kolichestvennyye otsenki ekologicheskogo sostoyaniya malyykh rek Khabarovskogo kraya [Quantitative assessment of ecological condition of small rivers in Khabarovsk Region]. Presnovodnye ekosistemy basseina reki Amur [Freshwater ecosystems of the Amur River basin]. Vladivostok: Dal'nauka, 2008. P. 111–122.

Gigienicheskie trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh vod: Sanitarnye pravila i normy (SanPiN 2.1.5.980–00) [Hygienic requirements to surface waters protection. Sanitary norms and rules (SanPiN 2.1.5.980–00)]. Moscow: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2000.

Kalinkina N. M., Sidorova A. I., Gridina A. A. Biotestirovanie vody reki Lososinki s ispol'zovaniem dvukh vidov rakoobraznykh [Biotesting of the Lososinka River water with two types of crustaceans]. Vodnye ob'ekty goroda Petrozavodsk: Uchebnoe posobie [Water objects of Petrozavodsk. Manual]. Eds. A. V. Litvinenko, T. I. Regerand. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2013. P. 84–86.

Karpechko V. A. Gidrograficheskaya i gidrologicheskaya kharakteristika vodotokov [Hydrographic and hydrological characteristics of watercourses] // Vodnye ob'ekty goroda Petrozavodsk: Uchebnoe posobie [Water objects of Petrozavodsk. Manual]. Eds. A. V. Litvinenko, T. I. Regerand. Petrozavodsk: KarRC of RAS. 2013. P. 25–27.

Katalog ozer i rek Karelii [Catalogue of lake and rivers of Karelia]. Eds. N. N. Filatov, A. V. Litvinenko. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2001. 290 p.

Kuznetsov S. I., Dubinina G. A. Metody izucheniya vodnykh mikroorganizmov [Methods for studying of aquatic microorganisms]. Moscow: Nauka, 1989. 285 p.

Metodicheskie ukazaniya po sanitarno-mikrobiologicheskomu analizu vody poverkhnostnykh vodoemov [Guidelines for sanitary and microbiological analysis of water in the surface water reservoirs]. Min-vo zdra-vookhraneniya SSSR. Moscow, 1981. 36 p.

Oksiyuk O. P., Zhukinskii V. N., Braginskii L. P., Linnik P. N., Kuz'menko M. I., Klenius V. G. Kompleksnaya ekologicheskaya klassifikatsiya poverkhnostnykh vod sushi [The complex ecological classification of surface waters]. *Gidrobiologicheskii zhurnal* [Hydrobiological Journal]. 1993. Vol. 29, No 4. P. 62–76.

Rekomendatsii Parliamentskikh slushanii «Ekologiya malyykh rek Rossii: problemy i puti ikh resheniya» [Recommendations of Parliamentary hearings «Ecology of small rivers of Russia. Problems and ways of their solution». *Problemy okruzhayushchei sredy i prirodnnykh resursov: obzornaya informatsiya* [Environmental and natural resources issues. Overview]. 2004. No 8. P. 72–79.

Romanenko A. V. Bakterioplankton [Bacterioplankton]. Ekosistema maloi reki v izmenyayushchikhsya usloviyakh sredy [Small river ecosystem affected by changing environmental conditions]. Eds. A. V. Krylov, A. A. Bobrov. Moscow: T-vo nauchn. izd. KMK, 2007. P. 101–110.

Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guide on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. Ed. V. A. Abakumov. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 318 p.

Ryzhkov L. P., Artem'eva N. V. Izmenenie biologicheskogo kachestva vody reki Neglinki – pritoka Onezhskogo ozera pod vliyaniem antropogennoi nagruzki [Changes in biological quality of the Neglinka River (tributary of Lake Onego) waters under anthropogenic load]. Ekosistemy malyykh rek: bioraznoobrazie, biologiya, okhrana: tezisy dokladov Vserossiiskoi konferentsii [Ecosystems of small rivers. Biodiversity, biology and conservation. Abstr. rep. All-Russian conference]. Borok, 2004. 75 p.

Ryzhkov L. P., Gorokhov A. V., Marchenko L. P. Transformatsiya khimicheskogo sostava vod reki Lososinki pod vozdeistviem prirodnykh i antropogennykh faktorov [Transformation of chemical composition of the Neglinka River waters under the impact of natural and anthropogenic factors]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of PetrSU]. 2012. No 8, vol. 1. P. 20–24.



Sabylina A. V. Sovremennyi gidrokhimicheskii rezhim ozera [Current hydrochemical regime of the lake]. Onezhskoe ozero. Ekologicheskie problemy [Lake Onego. Ecological problems]. Ed. N. N. Filatov. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1999. P. 58–108.

Timakova T. M. Mikrobiologicheskaya otsenka sostoyaniya urbanizirovannykh pritokov Onezhskogo ozera [Microbiological assessment of Onego Lake urban tributaries]. Sotsial'no-ekonomicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya chelovechestva: materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Moskva-Penza, 13–14 maya 2010 g.) [Socioeconomic aspects of sustainable development of humanity. Proc. of the 1<sup>st</sup> intern. sci. and pract. conf. (Moscow-Penza, 13–14 May, 2010)].

Eds. I. I. Maslova, S. A. Korkina. Moscow: Akademiya MNEPU, 2010. P. 91–98.

Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod [Unified methods of water quality survey]. *Mikrobiologicheskie metody* [Microbiological methods]. Moscow: Sekretariat SEV, 1985. Part. 4. 270 p.

Zhmur N. S. Metodika opredeleniya toksichnosti vody i vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod, otkhodov po smertnosti i izmeneniyu plodovitosti tseriodafnii [A method for determining the toxicity of water and water extracts from soils, sewage sludge, and other wastes on the basis of data on the death rate and fertility rate of ceriodaphnia]. Moscow: AKVAROS, 2001. 52 p.

Received December 20, 2014

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### **Теканова Елена Валентиновна**

старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии  
Институт водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН  
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Карелия,  
Россия, 185030  
эл. почта: etekanova@mail.ru  
тел.: (8142) 576520

### **Макарова Елена Михайловна**

главный гидробиолог лаборатории гидробиологии  
Институт водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН  
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Карелия,  
Россия, 185030  
эл. почта: emm777@bk.ru

### **Калинкина Наталия Михайловна**

зав. лаб. гидробиологии, д. б. н.  
Институт водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН  
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Карелия,  
Россия, 185030  
эл. почта: cerioda@mail.ru

## CONTRIBUTORS:

### **Tekanova, Elena**

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: etekanova@mail.ru  
tel.: (8142) 576520

### **Makarova, Elena**

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: emm777@bk.ru

### **Kalinkina, Natalia**

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: cerioda@mail.ru