

ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА ТЕКАНОВА

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
etekanova@mail.ru

ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА МАКАРОВА

младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
emm777@bk.ru

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ РЕКИ НЕЛУКСА (КАРЕЛИЯ)

Река Нелукса относится к категории малых рек, расположена в окрестностях г. Петрозаводска (Карелия, Россия) и впадает в Онежское озеро. На водосборе р. Нелукса находятся городская свалка ТБО, поверхностный сток с которой поступает в реку, и дачные кооперативы. В сентябре 2014 года оценено эколого-санитарное и санитарно-бактериологическое состояние воды р. Нелукса. В качестве микробиологических индикаторов использованы общее количество бактерий, сапрофитные бактерии, олигокарбофильные бактерии, общие колиформные бактерии, углеводородокисляющие бактерии. В условиях маловодности года и малого количества атмосферных осадков выявлено загрязнение речной воды органическим веществом со стороны городской свалки твердых бытовых отходов (г. Петрозаводск) и дачных кооперативов. В результате разбавления и самоочищения эколого-санитарное состояние воды в нижнем течении реки оценено как хорошее – вода соответствовала β -мезо-олигосапробному классу и категории «чистая/удовлетворительно чистая». В то же время санитарно-бактериологическая обстановка во всех изученных точках реки в период исследований была неблагоприятной, количество санитарно-показательной микрофлоры значительно превышало значения, установленные для вод рекреационного использования.

Ключевые слова: биоиндикация, река Нелукса, Онежское озеро, микробиологические показатели, качество воды, сапробность

Бактерии, обладая высокой пластичностью и регенеративной способностью, являются хорошими индикаторами даже небольших изменений условий среды. Реакция бактериоценозов на поступление в водные объекты загрязняющих веществ проявляется в изменении количественных и функциональных показателей развития тех эколого-трофических групп бактерий, которые используют это вещество в качестве энергетического и конструктивного субстрата. В процессе утилизации загрязняющих веществ происходит самоочищение воды. Эти свойства бактерий определяют использование микробиологических показателей для выявления того или иного загрязнения воды, ее качества, для характеристики санитарного состояния водоемов и процесса самоочищения.

Весьма актуальной задачей представляется оценка современного эколого-санитарного состояния малых рек наиболее урбанизированной территории Карелии – г. Петрозаводска и его окрестностей. Реки Лососинка, Неглинка, Нелукса находятся в условиях хронического многофакторного воздействия городской среды. В то же время водотоки несут рекреационную нагрузку и, явля-

ясь притоками Онежского озера, могут оказывать влияние на качество воды прилегающих участков водоема. Так, выполненная в 2002–2003 [7] и 2011–2012 годах [6] оценка состояния воды рек Лососинка и Неглинка по микробиологическим показателям выявила ухудшение качества воды и неблагоприятную санитарно-бактериологическую обстановку на городских участках этих рек по сравнению с загородными.

Река Нелукса протекает вне пределов г. Петрозаводска, но на ее водосборе находятся городская свалка твердых бытовых отходов (ТБО) и дачные кооперативы. Целью настоящей работы была индикация воды р. Нелукса по микробиологическим показателям в связи с антропогенной нагрузкой на водоток.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Река Нелукса находится в Прионежском районе Карелии на северо-западном побережье Онежского озера и принадлежит к его водосборному бассейну. Нелукса относится к категории малых рек, истекает из оз. Уварово и через 9,7 км впадает в Онежское озеро ниже Петрозаводской губы. В реку поступает поверхностный сток с террито-

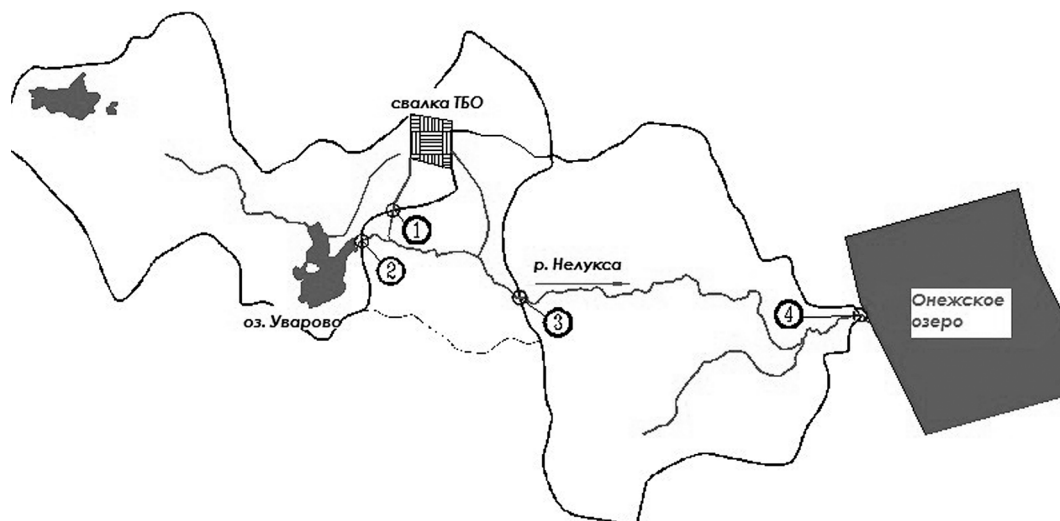


Схема района исследований и расположения точек отбора проб: 1 – мелиоративная канава, 2 – исток р. Нелукса, 3 – среднее течение р. Нелукса, 4 – устьевой участок р. Нелукса

рии городской свалки ТБО по трем мелиоративным канавам – одна впадает в оз. Уварово, две других – непосредственно в водоток.

Пробы воды отбирались в сентябре 2014 года на четырех точках: 1) в мелиоративной канаве, впадающей в реку (точка № 1), 2) в верхнем течении реки на 200 м ниже ее истока из оз. Уварово и выше стока канавы (точка № 2), 3) в среднем течении на 2 км ниже впадения канавы (точка № 3), 4) в устьевом участке на 12 м выше автодорожного моста через реку (точка № 4) (рисунок). В результате маловодности года и низкой межени во время отбора проб сток был обнаружен только в одной из трех канав.

Кроме того, для сравнения микробиологических показателей в этот же период были взяты пробы воды в устьевых участках р. Лососинка и Неглинка, протекающих в черте г. Петрозаводска и впадающих в Петрозаводскую губу Онежского озера. В воде были определены общая численность бактериопланктона (ОЧБ) и количество аэробных и факультативно анаэробных гетеротрофных бактерий нескольких эколого-трофических групп: 1) сапрофитных психрофильных бактерий (СБ) – индикаторов загрязнения воды органическим веществом и активности процесса ее самоочищения, способных расти при высокой концентрации легкоминерализуемого органического вещества, несвойственной природным водам, 2) сапрофитных мезофильных бактерий (общее микробное число, ОМЧ) – санитарно-показательной группы бактерий, потенциально способных существовать в кишечнике теплокровных животных и отражающих общую гигиеническую ситуацию в водном объекте, 3) общих колиформных бактерий (бактерии группы кишечной палочки, БГКП) – санитарно-показательной группы сапрофитных мезофильных бактерий, указывающей на средней давности фекальное загрязнение

и возможную контаминацию воды патогенными микроорганизмами группы кишечной палочки, 4) олигокарбофильных бактерий (ОБ) – условно автохтонных психрофильных бактерий, способных к росту при минимальных концентрациях органического вещества, 5) углеводородокисляющих бактерий (УБ), способных использовать нефтяные углеводороды в качестве единственного источника углерода и отражающих процесс микробальной трансформации нефтепродуктов.

ОЧБ определялась методом прямого счета на трековых мембранах «Nucleopore» (D пор 0,2 μm) путем люминесцентного микроскопирования. Предварительно бактерии окрашивались красителем акридиновым оранжевым [8].

Определение количества гетеротрофных водных бактерий выполнялось способом глубинного посева на агаризованную среду в чашки Петри в 2 повторностях в присутствии контроля стерильности. Предварительно проводилось разведение проб в 10 или 100 раз. СБ выращивались на рыбопептонном агаре при температуре 21 °С, ОМЧ – на рыбопептонном агаре при 37 °С, ОБ – на 10-кратно разведенном рыбопептонном агаре при температуре 21 °С [2]. УБ выращивались при температуре 21 °С на среде Диановой – Ворошиловой с добавлением очищенного агара Дифко. Перед посевом в среду добавлялась солярка, в качестве эмульгатора доляряки использовался ТВИН-80¹. БГКП определялись методом мембранной фильтрации через фильтры Millipore с d пор 0,45 μm . Эта группа бактерий выращивалась на агаризованной среде Эндо при $t = 37$ °С с последующим выполнением отрицательного цитохромоксидазного теста². Результаты выражались в Coli-ind.

Период инкубации колониеобразующих единиц (КОЕ) СБ и ОБ составил 3–5 сут., УБ – до 10 сут., ОМЧ и БГКП – 1 сут.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наибольшее бактериальное загрязнение воды было обнаружено в мелиоративной канаве (точка № 1), по которой осуществляется поверхностный сток с территории городской свалки в р. Нелукса (табл. 1). ОЧБ и все изученные эколого-трофические группы бактерий (за исключением УБ) характеризовались здесь очень высокими показателями количественного развития, указывающими на значительную степень загрязнения воды органическими соединениями. Численности санитарно-показательных микроорганизмов (БГКП и ОМЧ) свидетельствовали о высокой обсемененности воды мелиоративной канавы потенциально патогенной микрофлорой, превышающей нормы для поступающих в водные объекты сточных вод³.

В среднем течении р. Нелукса (точка № 3), ниже стока мелиоративной канавы, ОЧБ и обилие гетеротрофного бактериопланктона всех изученных групп заметно снижались по сравнению с точкой № 1. Более того, ОЧБ, количество ОБ, СБ, ОМЧ и УБ на этой точке оказались даже меньшими, чем в районе вытекания р. Нелуксы из оз. Уварово (точка № 2). Лишь по количеству БГКП исток р. Нелукса являлся наименее загрязненным (см. табл. 1). Так как в оз. Уварово есть сток одной из трех мелиоративных канав с территории свалки ТБО (пересохший во время отбора проб), то сам водоем уже не может считаться фоновым участком. Видимо, уменьшение количества бактерий-индикаторов органического загрязнения ниже стока мелиоративной канавы (точка № 3) происходило не столько за счет разбавления за-

грязнения, сколько вследствие активизации внутриводоемных процессов самоочищения.

В нижнем течении реки (точка № 4) отмечалось дальнейшее снижение ОЧБ и количества ОБ, в то время как численности изученных групп сапрофитных бактерий, в том числе потенциально патогенной микрофлоры, и УБ возрастали по сравнению с точкой № 3 в среднем течении (см. табл. 1). Дополнительным источником загрязнения этого участка доступным органическим субстратом и условно-патогенной микрофлорой может служить терригенный сток с расположенных ниже точки № 3 двух дачных кооперативов «Виктория» и «Нелукса», а также детского лагеря отдыха. Отбор проб воды проходил во время дождя, дожди шли и в предшествующие дни. Учитывая очень малые размеры водотока с небольшим расходом воды и большую крутизну склонов, влияние терригенного стока на водную экосистему проявляется быстро и может быть значительным.

Согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши [3], по величине ОЧБ и количеству СБ вода мелиоративной канавы (точка № 1) в период исследования обладала очень низким качеством, относилась к категории «грязная» и характеризовалась полисапробностью (табл. 2). Процессы самоочищения в мелиоративной канаве, о завершенности которых можно судить по соотношению количества СБ и ОМЧ⁴, протекали недостаточно активно. Индекс загрязненности, рассчитанный по соотношению ОБ и СБ⁵, был очень низким (1,6) и подтверждал высокую степень загрязненности воды.

Таблица 1
Микробиологическая характеристика воды р. Нелукса и мелиоративной канавы в сентябре 2014 года

Точка отбора пробы воды	ОЧБ, × 10 ⁶ кл./мл	ОБ, КОЕ/мл	СБ, КОЕ/мл	УБ, КОЕ/мл	ОМЧ, КОЕ/мл	БГКП, Coli-ind
№ 1	13,40	42160	25940	730	6180	39606
№ 2	3,99	28520	4550	630	249	18001
№ 3	2,20	17930	2360	510	165	28608
№ 4	1,96	10680	2940	910	180	44905

Таблица 2
Состояние воды р. Нелукса и мелиоративной канавы по микробиологическим показателям в сентябре 2014 года

Точка отбора пробы воды	Эколого-санитарное состояние				Санитарно-бактериологическая обстановка
	Индекс загрязненности	Активность процесса самоочищения	Сапробность	Класс качества воды	
№ 1	1,6	Слабая	Полисапробная	5 – грязная	Неблагополучная
№ 2	6,2	Высокая	β-мезосапробная	3 – удовлетворительной чистоты	Неблагополучная
№ 3	7,6	Высокая	β-мезосапробная	3 – удовлетворительной чистоты	Неблагополучная
№ 4	3,6	Высокая	Олигосапробная/ β-мезосапробная	2 – чистая/ 3 – удовлетворительной чистоты	Неблагополучная

На обследованных участках р. Нелукса процессы самоочищения протекали активно, индекс загрязненности повышался и указывал на снижение степени загрязненности воды по сравнению с мелиоративной канавой (см. табл. 2). Некоторое снижение индекса загрязненности в устьевом участке реки (3,6) по отношению к участку в среднем течении (7,6) отражает ухудшение санитарно-бактериологического состояния воды в устье, а именно существенное возрастание там числа БГКП (см. табл. 1).

Речная вода выше (исток, точка № 2) и ниже (среднее течение, точка № 3) впадения мелиоративной канавы характеризовалась β -мезосапробностью и относилась к категории «удовлетворительно чистая», а в нижнем течении (точка № 4) – промежуточным состоянием β -мезоолигосапробности и категорией «чистая/удовлетворительно чистая» (см. табл. 2).

Санитарно-бактериологическая обстановка, несмотря на определенное снижение обилия БГКП в среднем течении, сохранялась неблагоприятной во всех исследованных участках реки (см. табл. 2). Количество БГКП в 4–9 раз превышало допустимые нормативы, предусмотренные для водных объектов рекреационного использования⁶. Наибольшее их число было обнаружено в мелиоративной канаве (точка № 1) и нижнем течении реки (точка № 3), что указывает на наличие двух основных источников контаминации воды р. Нелукса условно-патогенными микроорганизмами – свалка ТБО и дачные кооперативы.

Количество УБ во всех исследованных участках не превышало 1000 КОЕ/мл, тогда как для индикации значимой степени загрязнения воды нефтепродуктами их численность в воде должна быть более 10^2 – 10^3 КОЕ/мл⁷. Возможно, невысокая активность микробиологической трансформации этих веществ связана с низкой температурой воды, а в мелиоративной канаве и истоке реки еще и с недостатком кислорода для развития процессов биохимического окисления. По уровню развития УБ речная вода может быть охарактеризована как среднезагрязненная нефтяными углеводородами (см. табл. 1), их количество было сопоставимо с численностью УБ в загрязняемой этими веществами Петрозаводской губе Онежского озера [1].

Для сравнительной оценки возможного загрязнения Онежского озера стоком р. Нелукса и другими водотоками урбанизированной территории мы сопоставили количественные характеристики изученных групп бактериопланктона в ее устьевом участке с их количеством в устье рек Лососинка и Неглинка, протекающих в черте г. Петрозаводска (табл. 3). В период исследования в устьевых участках всех трех рек были зарегистрированы сравнимые величины ОЧБ, ОБ (за исключением р. Неглинка) и УБ. Большое

количество ОБ в р. Неглинка имеет природное происхождение и объясняется самой высокой среди этих рек цветностью воды, в среднем 150 град. платиново-кобальтовой шкалы [4]. ОБ, в отличие от СБ, способны использовать в качестве субстрата трудноминерализуемое органическое вещество гумусового происхождения. В то же время в воде р. Лососинка и, особенно, р. Неглинка отмечались значительно большие, чем в р. Нелукса, количества гетеротрофных бактерий – индикаторов загрязнения воды легкоминерализуемым органическим веществом (СБ), в том числе фекального происхождения (БГКП). Реки Лососинка и Неглинка, протекающие в городской черте, находятся под значительно большим антропогенным прессом, чем р. Нелукса.

Таблица 3

Микробиологическая характеристика воды устьевых участков рек урбанизированной территории г. Петрозаводска и его окрестностей в сентябре 2014 года

Показатель	Нелукса	Лососинка	Неглинка
ОЧБ, $\times 10^6$ кл./мл	1,96	1,63	1,96
ОБ, КОЕ/мл	10680	14160	42800
СБ, КОЕ/мл	2940	7150	11700
УБ, КОЕ/мл	910	810	700
ОМЧ, КОЕ/мл	180	3060	2500
БГКП, Coli-ind	44905	60000	145455

Результаты микробиологической оценки воды в устьевом участке р. Нелукса можно сопоставить с нашими данными по прибрежной зоне Пухтинской бухты Онежского озера, расположенной немного южнее устья р. Нелукса и не подвергающейся антропогенному воздействию. В этом участке озера осенью 2014 года ОЧБ находилась в пределах от 1,2 до $1,5 \times 10^6$ кл./мл, количество ОБ – от 23 до 371 КОЕ/мл, СБ – от 4 до 85 КОЕ/мл, Coli-ind не превышал 275–412. Численность изученных групп бактериопланктона в устье рек Лососинка и Неглинка целесообразно сопоставить с соответствующими показателями по Петрозаводской губе Онежского озера. По многолетним данным, ОЧБ в пелагиали Петрозаводской губы в осенний период достигает $0,63$ – $1,64 \times 10^6$ кл./мл, количество ОБ и СБ выше, чем в Пухтинской бухте и Пиньгубе, – от 544 до 1200 КОЕ/мл, СБ – от 554 до 1300 КОЕ/мл [5]. Как видно из табл. 3, ОЧБ в реках незначительно превышает величины, установленные для прилегающих участков озера в осенний период. На порядок более высокое содержание ОБ в реках объясняется более высокой природной цветностью их воды по сравнению с озерной [4]. Значительное превышение, особенно в городских реках, СБ и БГКП свидетельствует о потенциальной возможности загрязнения прилегающих к устьям рек участков Онежского озера легкоминерализуемым ор-

ганическим веществом, в том числе фекального происхождения, и контаминации озерной воды условно-патогенной микрофлорой. Факторами, препятствующими этому, выступают разбавление большим объемом озерной воды, ее высокая гидродинамическая активность и внутриводоемные процессы самоочищения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Река Нелукса загрязняется стоками с территории городской свалки ТБО через мелиоративные каналы и терригенным стоком из дачных кооперативов. За счет разбавления и активизации процессов самоочищения эколого-санитарное

состояние воды в р. Нелукса по большинству из выбранных микробиологических показателей было существенно лучше, чем в мелиоративной канаве, а в приустьевом участке речная вода могла считаться практически чистой. Тем не менее количество санитарно-показательной микрофлоры во всех изученных участках реки значительно превышало значения, свойственные незагрязненным водам. Санитарно-бактериологическая обстановка в реке в период исследований была неблагоприятной, что не исключало потенциальную возможность загрязнения прилегающей к устью р. Нелукса литоральной зоны Онежского озера условно-патогенной микрофлорой.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.; Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 2. Микробиологические методы. М.: СЭВ, 1985. 128 с.

² Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов / Министерство здравоохранения СССР. М., 1981. 36 с.

³ Гигиенические требования к охране поверхностных вод: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.5.980-00) / Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. М., 2000. 10 с.

⁴ Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов / Министерство здравоохранения СССР. М., 1981. 36 с.

⁵ Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

⁶ Гигиенические требования к охране поверхностных вод: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.5.980-00) / Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. М., 2000. 10 с.

⁷ Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белкина Н. А., Рыжков А. В., Тимакова Т. М. Распределение и трансформация нефтяных углеводородов в донных отложениях Онежского озера // *Водные ресурсы*. 2008. Т. 35. № 4. С. 472–481.
- Кузнецов С. И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 288 с.
- Оксиюк О. П., Жукин В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация поверхностных вод суши // *Гидробиологический журнал*. 1993. Т. 29. № 4. С. 62–76.
- Сабелина А. В. Современный гидрохимический режим озера // *Онежское озеро. Экологические проблемы*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. С. 58–108.
- Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. База данных «Планктон пелагиали Онежского озера». Свидетельство о государственной регистрации в РФ № 2015620274 от 13 февраля 2015 г.
- Теканова Е. В., Макарова Е. М., Калинин Н. М. Оценка состояния воды притоков Онежского озера в условиях антропогенного воздействия по микробиологическим и токсикологическим показателям // *Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Лимнология*. 2015. № 9. С. 44–52.
- Тимакова Т. М. Микробиологическая оценка состояния урбанизированных притоков Онежского озера // *Социально-экономические аспекты устойчивого развития человечества: Сб. материалов I Междунар. научно-практической конф.* М.: Академия МНЭПУ, 2010. С. 91–98.
- Handbook of methods in aquatic microbial ecology / Ed. by Paul F. Kemp, Barry F. Sherr, Evelin B. Sherr, Jonatan J. Cole. Washington, Levis Publishers, CRC Press LLC, 1993. 800 p.

Tekanova E. V., Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)
Makarova E. M., Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

MICROBIOLOGICAL INDICATIONS OF WATER POLLUTION IN THE RIVER NELUKSA (KARELIA)

The river Neluksa, which is referred to a class of small rivers, is located in the vicinity of Petrozavodsk (Karelia, Russia) and flows into Lake Onego. The water collection point is located close to the Neluksa dacha cooperatives and a city dump of solid wastes. The surface runoffs from this locations flow into the river. The eco-sanitary and sanitary-bacteriological conditions of the water in the river Neluksa (Karelia) were evaluated in September of 2014. A total number of bacteria: saprophytic bacteria, oligotrophic bacteria, coliform bacteria, hydrocarbon-oxidizing bacteria were used as microbiological indicators. The level of water pollution

with organic matter coming from the city dump (Petrozavodsk) containing hard domestic wastes and dacha condominiums was established. Due to the natural dilution and self-purification processes ecological and sanitary conditions of the water in the lower reach of the river were rated as good. However, the sanitary-bacteriological situation was unfavorable in all examined points of the river during the study period and the number of sanitary-indicative microflora considerably exceeded the limits for that type of recreational waters.

Key words: bioindication, Neluxsa River, Lake Onego, microbiological indexes, water quality, sanitary probes.

REFERENCES

1. Belkina N. A., Ryzhakov A. V., Timakova T. M. Distribution and transformation of petroleum hydrocarbons in sediments of Lake Onega [Распределение и трансформация нефтяных углеводородов в донных отложениях Онежского озера]. *Vodnye resursy*. 2008. Vol. 35. № 4. С. 472–481.
2. Kuznetsov S. I., Dubinina G. A. *Metody izucheniya vodnykh mikroorganizmov* [Methods of studying aquatic organisms]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 288 p.
3. Oksiyuk O. P., Zhukinskiy V. N., Braginskiy L. P., Linnik P. N., Kuz'menko M. I., Klenius V. G. Complex of ecological classification of surface waters [Комплексная экологическая классификация поверхностных вод суши]. *Gidrobiologicheskij zhurnal*. 1993. Vol. 29. № 4. P. 62–76.
4. Sabylina A. V. Modern hydrochemical regime of the lake [Современный гидрохимический режим озера]. *Onezhskoe ozero. Ekologicheskie problemy*. Petrozavodsk, 1999. P. 58–108.
5. Syarki M. T., Tekanova E. V., Chekryzneva T. A. *Baza dannykh "Plankton pelagiali Onezhskogo ozera". Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii v RF № 2015620274 ot 13 fevralya 2015 g.* [Database "Plankton pelagic zone of Lake Onega". Certificate of state registration RF № 2015620274, 2015].
6. Tekanova E. V., Makarova E. M., Kalinkina N. M. Assessment of the state of water tributaries of Lake Onega in the conditions of anthropogenic impact on the microbiological and toxicological indicators [Оценка состояния воды притоков Онежского озера в условиях антропогенного воздействия по микробиологическим и токсикологическим показателям]. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya Limnologiya* [Proceedings of Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences. Limnology Series]. 2015. № 9. P. 44–52.
7. Timakova T. M. Microbiological assessment of urban tributaries of Lake Onega [Микробиологическая оценка состояния урбанизированных притоков Онежского озера]. *Materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sotsial'no-ekonomicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya chelovechestva*. Moscow, 2010. P. 91–98.
8. Handbook of methods in aquatic microbial ecology / Ed. by Paul F. Kemp et al. Washington, Levis Publishers, CRC Press LLC, 1993. 800 p.

Поступила в редакцию 20.07.2016