

УДК 574.58 (470.21)

**Оценка состояния городских водных экосистем
по гидробиологическим показателям**

© 2016. Е. Е. Минченок, к. б. н., доцент, Н. А. Пахомова, к. б. н., доцент,
Мурманский государственный технический университет,
183010, Россия, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13,
e-mail: minchenok.elena@yandex.ru, ninaandreevnapahomova@yandex.ru

В работе приведены результаты многолетнего биоэкологического мониторинга водных объектов г. Мурманска. Прослежена многолетняя динамика сообществ бентоса и планктона озера Семёновского. Дана характеристика фауны озёр Окунёвого, Ледового, а также ручья Варничного.

Индекс антропогенного эвтрофирования (ИНЭЖ) в Семёновском и Окунёвом озёрах варьирует от 3,0 до 12,7, что свидетельствует о «первых нарушениях стабильности биоценоза». По величине олигохетного индекса эти водоёмы относятся к категории «чистых». В озере Ледовом и ручье Варничном отмечено увеличение количественной диспропорции между инфузориями и коловратками, что указывает на высокое содержание органического вещества и повышенную токсичность воды. Олигохетный индекс в этих водных объектах варьирует от 0,2 «условно чистые» до 1,0 «очень грязные».

В целом отмечено, что фауна городских водных экосистем характеризуется малым видовым разнообразием. Проведённые исследования выявили тенденцию снижения видового состава макрозообентоса и упрощение трофических связей в городских водных экосистемах, подверженных антропогенному прессу.

Ключевые слова: зоопланктон, микро- и макробентос, биоиндикация, инфузории, коловратки, пресноводные водоёмы.

**Assessment of urban water ecosystems
using hydrobiological indicator**

E. E. Minchenok, N. A. Pakhomova,
Murmansk State Technical University,
13 Sportivnaya St., Murmansk, Russia, 183010,
e-mail: minchenok.elena@yandex.ru, ninaandreevnapahomova@yandex.ru

The results of long-term bioecological monitoring of freshwater basins of Murmansk are presented in the article. The long-term dynamics of plankton and benthic communities of the Semenovskoye Lake are traced. The characteristics of fauna of the Okunevoye Lake and the Ledovoye Lake, as well as the Varnichnii stream are presented.

Anthropogenic eutrophication Index of the Semenovskoye Lake and the Okunevoye Lake varies from 3.0 to 12.7, indicating the «earliest disturbance of biocenosis stability». According to the oligochaetes index the category these reservoirs can be rated as «pure». Increase of quantitative imbalance between ciliates and rotifers was recorded in the Ledovoye Lake and the Varnichnii stream, which indicates a high content of organic matter and increased water toxicity. The oligochaetes index in these water bodies ranges from 0.2 («relatively clean») to 1.0 – «very dirty».

It is stated in the article that the fauna of freshwater ecosystems is characterized by low species diversity; the dominant species in all water bodies are heterotrophic protozoan. These researches revealed a steady downward trend of species diversity of macrozoobenthos and simplification of trophic relationships in urban water ecosystems exposed to anthropogenic pressure.

Keywords: zooplankton, macro- and microbenthos, bioindication, ciliates, rotifers, freshwater basins.

Начальным этапом биоэкологического мониторинга следует считать проведение исследований по оценке фоновое состояние экосистемы, т. е. определение нормы состояния природной системы. Для этого осуществляется текущий контроль качества водной среды с использованием гидробиологической оценки состояния водоёмов по населяющим его организмам.

Фауна пресноводных водоёмов Мурманской области относится к арктической и арктически-умеренной. Зоопланктон в видовом отношении беден. Он представлен несколькими видами низших ракообразных: встречаются представители отряда ветвистых (*Cladocera*), веслоногих (*Copepoda*), циклопообразных (*Cyclopida*), ракушковые раки (*Ostracoda*). Среди кладоцер преобладают дафнии, босмины, хидорусы; среди копепод – циклопы и диаптомус. Обычно можно встретить представителей плоских (*Turbellaria*) и круглых червей (*Nematoda*, *Rotatoria*). Среди коловраток обычными являются нотолка, аспланхна и синхета. Основные представители донной фауны – личинки комаров из семейства тендипедид, или звонцов; встречаются личинки кровососущих комаров-кулицид. Из других групп беспозвоночных распространены моллюски, обычны озёрный бокоплав, личинки ручейников, подёнок, вислокрылок и некоторые личинки двукрылых насекомых (мух, мошек и комаров), малощетинковые черви – олигохеты. Из крупных беспозвоночных – несколько видов двустворчатых моллюсков, в т. ч. жемчужница [1].

Современные антропогенные воздействия на водные экосистемы, как правило, весьма сложны, и даже при контроле значительного количества абиотических параметров всегда остаётся сомнение, что какие-либо влиятельные факторы всё же остались неучтёнными [2].

В качестве биоиндикаторов состояния водной среды и её антропогенных изменений могут использоваться практически любые гидробионты, их популяции и сообщества. Однако наиболее удобным, информативным и надёжным биоиндикатором является зообентос [3]. Продолжительность жизненных циклов организмов зообентоса, по сравнению с планктонными организмами, существенно выше. Кроме того, донные беспозвоночные в основном ведут осёдлый образ жизни, поэтому состояние зообентоса чётко характеризует не только экологическое состояние водоёма или водотока в целом, но и конкретных его участков.

Цель работы – описать и проанализировать многолетние изменения состава и структуры бентосных сообществ в некоторых водных объектах г. Мурманска.

В задачи входило изучение видового разнообразия, выявление доминирующих и исчезнувших форм зообентоса. Поскольку местоположение озёр и водотоков, а также степень антропогенного воздействия на них отличаются, в наши задачи входил и сравнительный анализ их населения.

С 2002 г. сотрудники кафедры биоэкологии Мурманского государственного технического университета ведут регулярные наблюдения за экологическим состоянием водоёмов и водотоков, расположенных на территории г. Мурманска. Объектами изучения являются озёра Семёновское, Окунёвое, Ледовое, а также ручей Варничный.

Объекты и методы

Материалами для исследования послужили сборы гидробиологических проб. Перед проведением работ каждый водный объект обследовался по периметру (для озера) и от истока до устья (для ручья), определялся тип субстрата и растительности, а также наличие локальных загрязнённых участков. Было выделено 3 типа субстрата: каменисто-песчаный, илисто-песчаный и растительный. Основными критериями при выборе участков исследования были тип грунта и степень выраженных последствий деятельности человека. Пробы отбирали в июне–июле и сентябре. Периодичность отбора проб составляла 1 раз в неделю. Пробы отбирались в трёхкратной повторности. В целом в течение сезона с каждой станции было взято 12 проб.

Отбор проб осуществлялся на мелководных участках водоёмов (водотоков) на глубине 0,1–0,5 м при помощи стеклянной ёмкости объёмом 1000 мл. Количественная обработка проб велась следующим образом: из пробы пипеткой с резиновой грушей отбирали верхний слой воды. Во избежание попадания организмов свободный конец пипетки затягивали мельничным газом. Сконцентрированную пробу просматривали в камере Богорова. Пробы грунта промывали через сито с размером ячеек 0,25 мм. Камеральную обработку проб воды и грунта проводили согласно стандартным методикам [4, 5]. Идентификацию беспозвоночных проводили с использованием пособий и определителей [6–9].

По озеру Семёновскому приведены результаты наблюдений 2002, 2003, 2004, 2009,

Таксономический состав гидробионтов озера Семёновского в 2002–2012 гг.

№ п/п	Таксон	2002	2003	2004	2009	2011	2012
Тип Phytomastigophora = Euglenozoa							
1	<i>Euglena viridis</i>	+	+	+	–	–	–
Тип Ciliophora = Infusoria							
2	<i>Uroleptus pisces</i>	–	–	–	–	–	+
3	<i>Stylonychia mytilus</i>	+	+	+	–	–	–
4	<i>Holotricha</i> sp.	–	–	–	+	+	–
5	<i>Paramecium caudatum</i>	+	+	+	+	–	–
6	<i>Stentor polymorphus</i>	+	+	+	–	–	–
7	<i>St. coeruleus</i>	–	–	+	+	+	–
8	<i>Dileptus anser</i>	+	+	+	+	–	–
9	<i>Vorticella</i> sp.	+	+	+	+	–	+
Тип Cnidaria = Coelenterata Класс Hydrozoa							
10	<i>Hydra</i> sp.	–	+	–	–	–	–
Тип Plathelminthes Класс Turbellaria							
11	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	+	+	+	+	+	–
12	<i>Plagiosomum lemani</i>	+	+	+	–	–	–
13	<i>Rhynchoscolex simplex</i>	–	–	–	–	+	–
14	<i>Olisthanella obtusa</i>	–	–	–	–	+	–
15	<i>Turbellaria</i> sp.	–	–	–	–	+	+
Тип Nematelminthes Класс Gastrotricha							
16	<i>Gastrotricha</i> sp. in det.	–	–	+	–	–	+
Класс Nematoda							
17	<i>Nematoda</i> sp. in det.	+	+	+	+	+	+
Класс Rotatoria							
18	<i>Keratella quadrata</i>	–	–	+	+	–	+
19	<i>Branchionus plicatilis</i>	–	–	+	+	+	+
20	<i>B. rubens</i>	+	+	–	–	–	–
21	<i>Asplanchna herricki</i>	–	–	+	–	–	–
22	<i>Synchaeta pectinata</i>	+	+	–	–	+	+
23	<i>Rotaria rotatoria</i>	–	–	–	+	+	–
24	<i>Enteroplea lacustris</i>	–	–	–	+	+	+
25	<i>Conochilus unicornis</i>	–	–	–	–	+	–
26	<i>C. hippocrepis</i>	–	–	–	–	+	–
27	<i>Trichocerca</i> sp.	–	–	–	–	+	+
Тип Annelida Класс Clitellata Подкласс Oligochaeta							
28	<i>Tubifex tubifex</i>	+	+	+	+	+	+
29	<i>Stylaria lacustris</i>	+	+	+	–	–	–
30	<i>Aelosoma hemprichi</i>	–	–	+	+	–	–
31	сем. Lumbriculidae	–	–	–	–	–	+

МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННЫХ И НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Окончание таблицы «Таксономический состав гидробионтов озера Семёновского в 2002–2012 гг.»

№ п/п	Таксон	2002	2003	2004	2009	2011	2012
Класс Hirudinea							
32	<i>Helobdella stagnalis</i>	–	+	+	–	–	+
33	<i>Herpobdella octoculata</i>	–	+	–	–	–	–
Тип Mollusca							
Класс Gastropoda							
34	<i>Lymnaea stagnalis</i>	+	+	+	–	–	–
35	<i>Planorbis planorbis</i>	+	+	+	–	–	+
Класс Bivalvia							
36	<i>Pisidium</i> spp.	+	+	+	+	–	+
37	<i>Sphaerium</i> spp.	+	+	+	–	+	–
Тип Arthropoda							
Класс Crustacea							
Подотряд Cladocera							
38	<i>Daphnia magna</i>	+	+	–	–	–	+
39	<i>Daphnia pulex</i>	+	+	–	+	–	–
40	<i>Bosmina</i> sp.	+	+	–	–	–	–
41	<i>Chydorus</i> sp.	–	–	–	+	+	–
42	<i>Sida</i> sp.	–	–	–	–	+	–
Подкласс Maxillopoda							
Отряд Copepoda							
43	<i>Cyclops stennus</i>	+	+	+	+	+	+
44	<i>Diaptomus</i> sp.	+	+	–	–	–	+
45	сем. Harpacticoidae	–	–	–	–	–	+
Подкласс Ostracoda							
46	отряд Podocopida	+	+	+	+	+	–
Подкласс Branchiopoda							
Отряд Phyllopoda							
47	<i>Lepidurus apus</i>	+	+	+	+	+	–
Класс Insecta							
Отряд Diptera							
48	сем. Chironomidae	+	+	+	+	+	+
49	сем. Culicidae	+	+	–	–	–	–
50	сем. Dixidae	+	+	–	–	–	–
51	сем. Ceratopogonidae	+	+	–	–	–	+
Отряд Coleoptera							
52	сем. Haliplidae	–	–	–	–	–	+
53	сем. Dytiscidae	+	+	–	–	–	–
Отряд Trichoptera							
54	сем. Goeridae	+	+	–	–	–	–
55	сем. Phryganeidae	+	+	–	–	–	–
56	сем. Molannidae	+	+	–	–	–	–
Отряд Ephemeroptera							
57	сем. Heptageniidae	+	+	–	–	–	–
Отряд Plecoptera							
58	сем. Nemouridae	+	+	–	–	–	–
Отряд Megaloptera							
59	сем. Sialidae	–	–	–	–	–	+
Тип Tardigrada							
60	класс Heterotardigrada	+	+	+	–	+	–
Всего		35	38	27	20	23	22

Примечание: прочерк – вид не обнаружен.

2011 и 2012 гг., по озеру Окунёвому приведены данные 2010 г., по озеру Ледовому и ручью Варничному – 2009 и 2010 гг. Подсчитывали величину олигохетного индекса и индекса антропогенного эвтрофирования Кренёвой (ИНЭК).

ИНЭК определялся по формуле [10]:

$$\text{ИНЭК} = C / (R + 1),$$

где C – суммарная численность всех видов Ciliata, R – суммарная численность всех видов Rotatoria.

Определение гидрохимических показателей – рН, нитритов, нитратов и фосфатов – проводили унифицированными химико-аналитическими методами [11].

Наибольшее внимание было уделено озеру Семёновскому, которое является одной из главных рекреационных зон г. Мурманска.

Результаты

В 2002 г. в сезонных пробах идентифицировано 35 видов гидробионтов: 4 вида моллюсков; 12 видов личинок насекомых: мокреца, звонца, земноводного комара, кровососущего комара, жука-плавунца, веснянки, подёнки, вислокрылки, пёстроного гребца; три вида ручейников; из ракообразных присутствовали представители отряда Daphniiformes, подкласса Ostracoda, отряда Notostraca (щитни); несколько видов ресничных червей.

В 2003 г. кроме перечисленных выше организмов были обнаружены ещё 3 вида гидробионтов: один вид, относящийся к типу кишечнополостные, класс Hydrozoa (гидрозои) и два вида класса Hirudinea (пиявки).

Фаунистические исследования бентоса, проведённые в 2004 г., показали наличие в пробах 21 вида макро- и мейобентоса. Из планктона в пробах отмечены 6 видов инфузорий и *Euglena viridis*.

Исследования озера, проведённые в последующие годы, показали снижение видового разнообразия организмов.

В 2002–2012 гг. в составе гидробионтов озера Семёновского выявлено 60 видов и форм. Таксономический состав гидробионтов за исследуемый период представлен в таблице.

Как видно из таблицы, общее количество видов из года в год варьирует. Прослеживается тенденция снижения видового разнообразия организмов в течение исследуемого периода. В пробах всех исследованных лет в Семёновском озере отмечены нематоды, малощетинковые черви (*Tubifex tubifex*), веслоногие раки (*Cyclops* sp.), ракушковые раки (Ostracoda), из класса насекомых – представители семейства Chironomidae. Видовое разнообразие организмов по годам приведено на рисунке 1.

Все обнаруженные организмы – типичные обитатели пресных водоёмов. Из перечисленных видов некоторые были встречены только в 2002–2004 гг. – это брюхоногий моллюск *Lymnaea stagnalis*, личинки отрядов Plecоп-

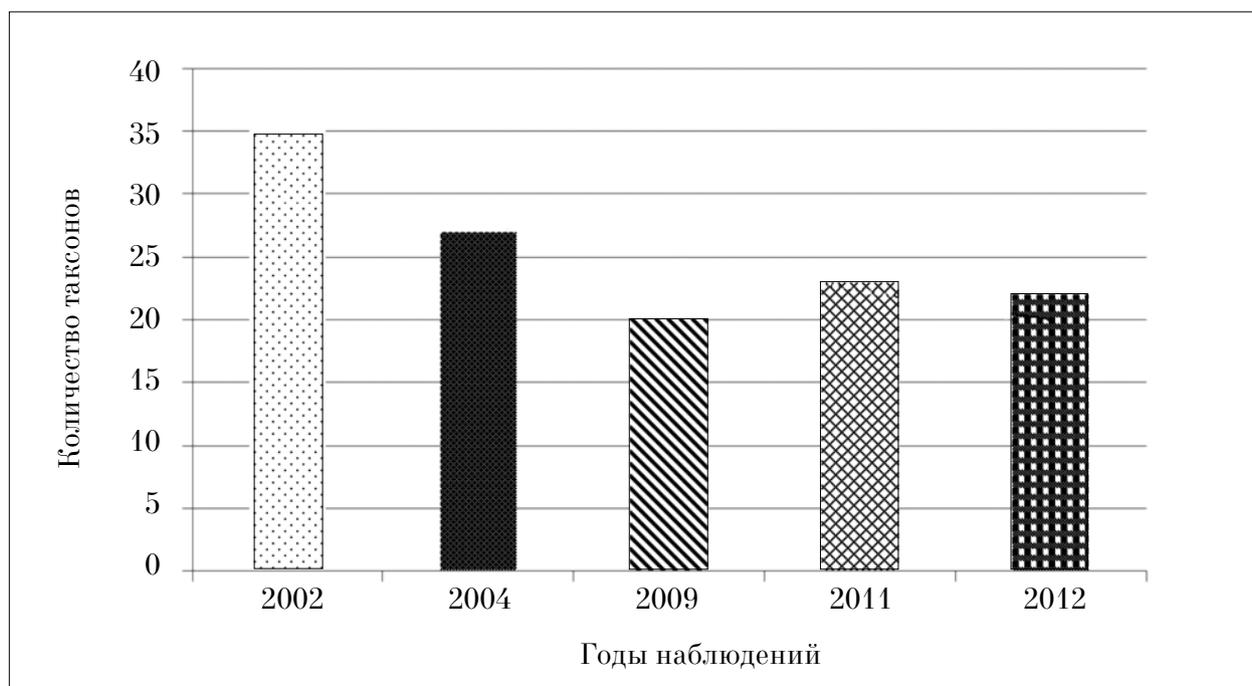


Рис. 1. Видовое разнообразие организмов в озере Семёновском за исследуемый период

tera, Ephemeroptera и Trichoptera. Два вида отмечены только в пробах 2012 г. – это инфузория *Uroleptus pisces* и личинки насекомых отряда Megaloptera и отряда Coleoptera, семейства Haliplidae. Из планктонных организмов только в 2012 г. найдены представители семейства Harpacticoidae.

В результате гидрохимических исследований водоёма было выяснено, что содержание нитритов, нитратов, фосфатов и сульфатов находится в пределах фоновых показателей водоёмов региона. Показатель рН в весенний период составляет 6,0–6,2. Осенью показатель рН увеличивается до 6,5–7,0, что отражает естественную динамику рН в пресноводных экосистемах Кольского Севера [12].

Качественный и количественный состав гидробионтов в водоёме меняется в связи с сезоном года, составом грунта и степенью загрязнения вод. В озере Семёновском в весенний период преобладают *Nematoda* sp., *Tubifex tubifex*, в летний период – коловратки *Rotaria rotatoria*, в осенний период – дафнии сем. Chydoridae, ресничные черви *Rhynchoscolex simplex*, личинки комара сем. Chironomidae. Вспышки численности и доминирование индикаторных видов в водоёме, испытывающем антропогенную нагрузку, свидетельствуют об изменении его экологического состояния [13]. Из озера Семёновского исчезают такие виды-индикаторы незагрязнённой среды обитания, как веснянки, подёнки и ручейники. Доминирование в 2009–2012 гг. личинок хирономид и олигохет *Tubifex tubifex* можно рассматривать как показатель загрязнения вод. Обследование озера в 2009–2012 гг. выявило снижение видового разнообразия макробентоса и увеличение числа видов микрозообентоса: инфузорий и коловраток. Причём видовое разнообразие инфузорий снижалось, а коловраток увеличивалось. Положение, занимаемое простейшими и коловратками в трофической системе в качестве одного из начальных звеньев гетеротрофной цепи, способность быстро реагировать на загрязнение мощными всплесками количественных характеристик позволяют их использовать как показатель изменений и ранней диагностики антропогенного воздействия. Для оценки уровня антропогенной нагрузки на экосистему по степени нарушенности структуры микрозоопланктонного сообщества использовался индекс антропогенного эвтрофирования Кренёвой (ИНЭЖ). В чистых олиготрофных водоёмах со стабильным биоценозом величина ИНЭЖ ≤ 2. Если ИНЭЖ принимает значения от 3 до 10, то состояние вод оценивается как загрязнённое,

мезотрофные воды с появлением первых признаков нарушения стабильности биоценоза. В 2011–2012 гг. значение ИНЭЖ в озере изменялось от 3,0 до 12,7. Величина олигохетного индекса варьирует от 0,07 до 0,13 (чистые).

В 2010 г. проводилось гидробиологическое и гидрохимическое исследование озера Окунёвого, расположенного в северо-восточной части г. Мурманска. Это слабопроточный водоём, проявляющий тенденцию к заболачиванию. Сбросов организованных сточных вод в озеро не осуществляется. В ходе исследования водоёма в точке отбора проб с растительным субстратом (фиталь) отмечено нарушение соотношения численности между инфузориями (Ciliophora) и коловратками (Rotatoria), что объясняется повышенным содержанием растворённого органического вещества. Однако на станции с каменисто-песчаным субстратом отмечено присутствие ручейников и двустворчатых моллюсков, которые являются индикаторами α-мезосапробности воды. Анализируя видовой состав гидробионтов, можно заключить, что фиталь – это наиболее загрязнённый органикой участок водоёма. Наиболее чистыми являются участки с каменисто-песчаными грунтами. В результате гидробиологического исследования озера Окунёвого было идентифицировано 18 видов гидробионтов, которые относятся к 7 типам, 11 классам. Олигохеты и хирономиды, которые являются показателями загрязнённых вод, не образуют массовых скоплений в водоёме. Установлено, что значение ИНЭЖ варьирует от 3,1 до 7,7. Величина олигохетного индекса изменяется от 0 до 0,16 (чистые).

Оценка качества вод озера Ледового с помощью гидробиологических показателей была проведена в 2010 г. Озеро расположено рядом с главной транспортной артерией города – Кольским проспектом – и со всех сторон окружено крупными автопредприятиями, дающими основную антропогенную нагрузку на водную экосистему. В результате гидробиологических исследований в озере Ледовом определено 9 видов, из них 6 видов относятся к микрозоопланктону и 3 вида – к зообентосу. В озере Ледовом доминирующими организмами являются инфузории (Ciliophora), коловратки (Rotatoria) и веслоногие ракообразные (Daphniiformes). Вспышки численности, доминирование организмов-индикаторов сапробности в водоёме свидетельствуют о негативном изменении его состояния. Увеличение диспропорции между такими группами организмов, как инфузории и коловратки, указывает на увеличение антропогенной нагрузки, высокое

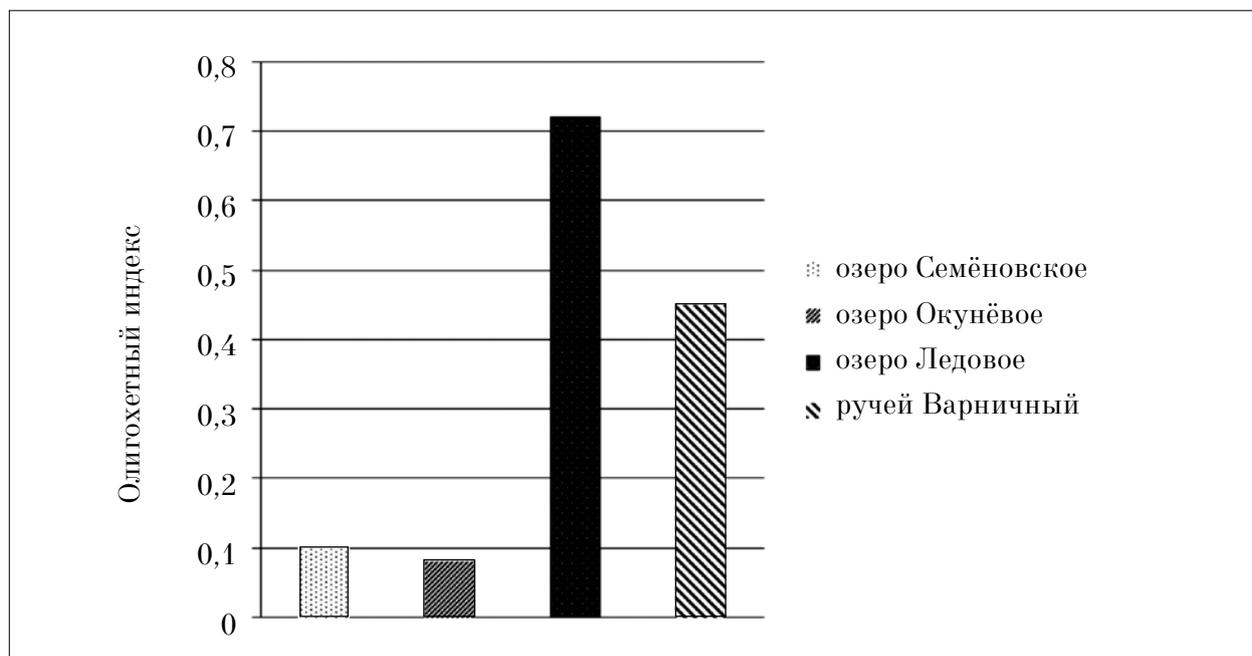


Рис. 2. Олигохетный индекс (D) в исследуемых водных объектах

содержание органического вещества и токсичность среды. Олигохетный индекс колеблется от 0,43 (слабо загрязнённые) до 1 (очень грязные).

Следующим объектом исследования был ручей Варничный, который находится на восточном берегу Кольского залива в черте г. Мурманска. Ручей берёт начало в озере Ледовом; на протяжении нескольких километров забран в трубы. В последние годы усиливается степень загрязнения ручья Варничного, так как в него попадают сточные воды большинства промышленных предприятий, расположенных в центре города. На качество воды негативное влияние оказывает также поверхностный сток с прилегающих территорий.

В результате гидробиологического исследования ручья Варничного выявлено 13 видов организмов, из которых 10 видов – микрзоопланктон. Зообентос представлен 3 видами организмов. В ручье Варничном значительно преобладают веслоногие ракообразные (Daphniiformes), инфузории (Ciliophora) и циклопы (Cyclops). Величина олигохетного индекса изменяется от 0,2 (условно чистые) до 0,7 (грязные).

Олигохетный индекс (D) даёт возможность оценить загрязнённость водоёма по соотношению числа олигохет *Tubifex tubifex* к числу всех остальных видов. На рисунке 2 представлены средние значения индекса для озёр Семёновского, Окунёвого, Ледового и ручья Варничного.

Максимальные значения олигохетный индекс принимает в оз. Ледовом ($D=0,715 \pm 0,285$),

минимальные значения – в оз. Окунёвом ($D=0,085 \pm 0,047$).

Несмотря на некоторые различия в видовом разнообразии озёр и водотоков, можно выделить виды, присутствующие во всех водных объектах. Из червей в фауне водных объектов г. Мурманска можно встретить несколько видов ресничных червей (Plathelminthes). Тип Круглые черви (Nemathelminthes) представлен свободноживущими видами нематод (Nematoda) и коловратками (Rotatoria). Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен несколькими видами малощетинковых червей (Oligochaeta) и пиявок (Hirudinea). Тип Моллюски (Mollusca) представлен несколькими видами брюхоногих (Gastropoda) и двустворчатых (Bivalvia) моллюсков. Из двустворчатых моллюсков в водных объектах г. Мурманска чаще всего встречаются горошинки (*Pisidium* spp.). Среди членистоногих (Arthropoda) встречаются виды класса Ракообразные (Crustacea) и Насекомые (Insecta). Паукообразные в пресных водах представлены группой водных клещей, объединяемых названием Hydracarina. В озёрах часто встречаются ракообразные, относящиеся к отряду веслоногих раков, или копепод (Copepoda) – циклопы (Cyclops), ветвистоусые рачки, или клadoцеры (сем. Cladocera) семейства хидорусы (Chydoridae), реже встречаются представители родов дафния (*Daphnia*), босмина (*Bosmina*). Из насекомых в озёрах обитают личинки ручейников (Trichoptera), личинки и куколки комаров отряда двукрылых (Diptera). Взрослые насекомые или их личинки могут

доминировать по численности, особенно это касается комаров-звонцов, или хирономид (Chironomidae). На долю инфузорий приходится от 50 до 70% организмов, идентифицированных в пробах. Субдоминантами в пробах в зависимости от сезона отбора проб были круглые черви (Nematoda и Rotatoria), малощетинковые черви и личинки комаров.

Исследования показали, что фауна городских водных экосистем характеризуется малым видовым разнообразием. Доминирующими видами являются мелкие организмы с простыми жизненными циклами и высокой скоростью размножения. Наблюдается тенденция снижения видового разнообразия организмов и упрощение трофических связей в водных экосистемах, подверженных антропогенному давлению.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР «Биоиндикация и биотестирование как совокупность методов оценки водных экосистем урбанизированных территорий» (№ГР 115062210056).

Литература

1. Кольская энциклопедия / Т. 1: А – Д / Сост. Т.В. Агаркова и др. СПб.: ИС; Апатиты; КНЦ РАН, 2008. 599 с.
2. Денисов Д.Б., Кашулин Н.А., Терентьев П.М., Валькова С.А. Современные тенденции изменения биоты пресноводных экосистем Мурманской области // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12. № 3. С. 525–538.
3. Цепелева М.Л., Шубина В.Н., Кочурова Т.И. Зообентос реки Погиблица в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадьковский» // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 39–46.
4. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.
5. Максимович Н.В., Погребов В.Б. Анализ количественных гидробиологических материалов. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1986. 99 с.
6. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. С.Я. Цалолыхина. Т. 1. Низшие беспозвоночные. СПб.: Наука, 1994. 396 с.
7. Летние школьные практики по пресноводной гидробиологии. Методическое пособие. / Под ред. М. В. Чертопрада. М.: Добросвет, МЦНМО, 1999. 288 с.
8. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы: Учеб. для студ. биол. спец. университетов / Под ред. В.Д. Фёдорова и В.И. Капкина. М.: ПИМ, 2006. 367 с.
9. Шалапёнок Е.С., Буга С.В. Практикум по зоологии беспозвоночных: Учеб. пособие. Мн.: Новое знание, 2002. 272 с.
10. Матишов Г.Г., Кренева С.В., Муравейко В.М., Шпарковский И.А., Ильин Г.В. Биотестирование и про-

гноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. 468 с.

11. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб: Кримас, 1999. 224 с.

12. Экология и охрана природы Кольского Севера / Под ред. Г.В. Калабина и Г.А. Евдокимовой. Апатиты: КНЦ РАН, 1994. 318 с.

13. Пахомова Н.А., Минченко Е.Е., Салмова Н.А., Журавлева Н.Г. Иллюстрированный атлас «Биоэкологические экскурсии»: Учеб. пособие. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. 182 с.

References

1. The Kola encyclopedia / Т. 1: А – Д / Sost. T.V. Agarkova i dr. SPb.: IS; Apatity; KNC RAN, 2008. 599 p. (in Russian).
2. Denisov D.B., Kashulin N.A., Terentyev P.M., Valkova S.A. Current trends in change of biota in freshwater ecosystems of the Murmansk region // Vestnik MGTU. 2009. T. 12. № 3. P. 525–538 (in Russian).
3. Tsepeleva M.L., Shubina V.N., Kochurova T.I. Zoobenthos Pogiblitza river in the area of the object for destruction of chemical weapons «Maradykovskiy» // Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya. 2011. № 3. P. 39–46 (in Russian).
4. Abakumov V.A. Guidance on methods of hydrobiological analysis of surface water and sediment. L.: Gidrometeoizdat, 1983. 240 p. (in Russian).
5. Maksimovich N.V., Pogrebov V.B. Analysis of quantitative hydrobiological materials. L.: Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1986. 99 p. (in Russian).
6. Identification guide on freshwater invertebrates of Russia and adjacent areas / Ed. S.Ya. Tsalolikhin. T. 1. Nizshie bespozvonochnye. SPb.: Nauka, 1994. 396 p. (in Russian).
7. Summer school practice in freshwater hydrobiology. Study guide. / Ed. M.V. Chertoprud. M.: Dobrosvet, MCNMO, 1999. 288 p. (in Russian).
8. Applied Hydrobiology. Freshwater ecosystems: Manual for students of biological specialties of universities / Eds. V.D. Fyedorov, V.I. Kapkov. M.: PIM, 2006. 367 p. (in Russian)
9. Shalapenok E.S., Buga S.V. Invertebrate zoology practical work: Study guide. Mn.: Novoe znanie, 2002. 272 p. (in Russian)
10. Matishov G.G., Kreneva S.V., Muraveyko V.M., Shparkovskiy I.A., Ilyin G.V. Biotesting and prediction of variability of water ecosystems in conditions of anthropogenic pollution. Apatity: KNC RAN, 2003. 468 p. (in Russian)
11. Muravyev A.G. Guidance on determining water quality parameters by field methods. SPb: Krismas, 1999. 224 p. (in Russian)
12. Ecology and Nature Protection of the Kola North / Eds. G.V. Kalabin, G.A. Evdokimova. Apatity: KNC RAN, 1994. 318 p. (in Russian)
13. Pakhomova N.A., Minchenok E.E., Salmova N.A., Zhuravleva N.G. Illustrated Atlas «Bioecological excursions»: Teaching aid. Murmansk: Izd-vo MGTU, 2012. 182 p. (in Russian).