



*Российская Академия Наук*

# ТРУДЫ

Кольского научного центра РАН

**3/2012** (10)

**ПРИКЛАДНАЯ  
ЭКОЛОГИЯ СЕВЕРА**

выпуск 2

Труды  
Кольского научного центра РАН

2 / 2012

Апатиты  
2012

**ISBN**

Труды Кольского научного центра РАН

**ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ СЕВЕРА**

выпуск 2

Редакционная коллегия серии «Прикладная экология Севера»:

ответственный редактор – д.б.н., проф. Н.А.Кашулин;

зам. отв. редактора – д.г.н., проф. В.А.Даувальтер;

к.б.н. С.А.Валькова;

к.б.н. Д.Б.Денисов;

к.б.н. П.М.Терентьев;

к.г.н. С.С.Сандимиров

СОДЕРЖАНИЕ

|   | Стр. |
|---|------|
| Вандыш О.И. Особенности ответных реакций зоопланктонного сообщества на воздействие сточных вод предприятий горнопромышленного комплекса и подогретых вод атомных электростанций (на примере субарктического озера Имандра)..... | 5    |
| Валькова С.А.,<br>Кашулин Н.А.,<br>Даувальтер В.А.,<br>Сандимиров С.С. Структура и динамика сообществ зообентоса озера Имандра в зоне влияния медно-никелевого комбината.....   | 22   |
| Стерлигова О.П.,<br>Китаев С.П.,<br>Ильмаст Н.В. Состояние некоторых водоемов Северной Карелии и их использование для товарного выращивания радужной форели   | 39   |
| Горбачев С.А. Вопросы оценки ущерба водным биоресурсам.....   | 45   |
| Терентьев П.М.,<br>Кашулин Н.А. Трансформация рыбной части сообществ водоемов Мурманской области.....   | 61   |
| Королева И.М.,<br>Валькова С.А.,<br>Вандыш О.И.,<br>Денисов Д.Б.,<br>Терентьев П.М.,<br>Сандимиров С.С.,<br>Даувальтер В.А.,<br>Кашулин Н.А. Состояние экосистемы озера Ковдор и характеристика рыбной части его населения..... | 100  |

## **ISBN**

Transactions  
Kola Science Centre  
Applied Ecology of the North  
Series 2

Editor-in-Chief – N.A.Kashulin, Dr.Sc.(Bio), Prof.  
Deputy Editor-in-Chief – V.A.Dauvalter, Dr. Sc.(Geo), Prof.

Editorial board:  
S.A.Valkova, PhD(Bio),  
D.B.Denisov, PhD(Bio),  
P.M.Terentjev, PhD(Bio),  
S.S.Sandimirov, PhD(Bio)

CONTENTS

|  | Стр. |
|--|------|
| Vandysh O.I. The peculiarities of zooplankton community responses to the influence of the mining complex wastewater and the warm water of nuclear power plants (by the example of the Subarctic Lake Imandra).....             | 5    |
| Valkova S.A.,<br>Kashulin N.A.,<br>Dauvalter V.A.,<br>Sandimirov S.S. The structure and dynamics of Lake Imandra zoobenthos community in the affected area of the copper-nickel plant.....                                     | 22   |
| Sterligova O.P.,<br>Kitaev S.P.,<br>Ilmast N.V. The state of some North Karelia lakes and their using for commodity production of rainbow trout.....   | 39   |
| Gorbachev S.A. Questions of assessment of water bioresources damage.....   | 45   |
| Terentjev P.M.,<br>Kashulin N.A. The transformation of fish communities in the waterbodies of the Murmansk Region.....   | 61   |
| Koroleva I.M.,<br>Valkova S.A.,<br>Vandysh O.I.,<br>Denisov D.B.,<br>Terentjev P.M.,<br>Sandimirov S.S.,<br>Dauvalter V.A.,<br>Kashulin N.A. The state of Lake Kovdor ecosystem and characteristics of its fish community..... | 100  |

УДК 574.5; 577.472

**О.И.Вандыш**

**ОСОБЕННОСТИ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА И ПОДОГРЕТЫХ ВОД АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ СУБАРКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ИМАНДРА)**

**Аннотация**

Дана оценка современного экологического состояния районов оз.Имандра, подверженных влиянию сточных вод медно-никелевого (губа Монче), апатит-нефелинового (губа Белая) производств, подогретых вод Кольской АЭС (губа Молочная), и условно-фонового района (восточный и западный участки плеса Бабинская Имандра). Определены наиболее информативные показатели, характеризующие ответную реакцию зоопланктонного сообщества на воздействие сточных вод предприятий горнопромышленного комплекса и подогретых вод атомных электростанций. Показано, что качественные характеристики и количественные показатели зоопланктона имеют определенную специфику в зависимости от степени загрязнения водоема и хорошо отражают различия условий его существования в отдельных участках.

**Ключевые слова:**

*озеро Имандра, зоопланктон, мониторинг, информативные показатели сообщества.*

**O.I.Vandysh**

**THE PECULIARITIES OF ZOOPLANKTON COMMUNITY RESPONSES TO THE INFLUENCE OF THE MINING COMPLEX WASTEWATER AND THE WARM WATER OF NUCLEAR POWER PLANTS (BY THE EXAMPLE OF THE SUBARCTIC LAKE IMANDRA)**

**Abstract**

The current ecological state of the natural part of lake Imandra (Eastern and Western parts of Babinskaya Imandra) and the lake areas, affected by the waste water of copper-nickel (Monche-Guba) and apatite-nepheline (Belaya Guba) clear Power Plant warm water, is assessed. The most informative indices of zooplankton community responses to the influence of the waste water and nuclear power plant warm water are determined. The zooplankton qualitative and quantitative characteristics depend on the water contamination level and give a good discription of different conditions for its existence in the individual lake sections.

**Key words:**

*Lake Imandra, zooplankton, monitoring, informative indices of community.*

**Введение**

Усиление антропогенного воздействия приводит к качественному изменению водной среды, на которое гидробионты реагируют изменением видового состава, численности, морфологии и биологии. В связи с этим необходима организация контроля за качеством поверхностных вод и населяющих их гидробионтов. Качество воды формируется биотой, ее способностью осуществлять процессы продуцирования и самоочищения вод. Биота – естественный материальный носитель качества воды, и ее изменения позволяют судить о степени антропогенного воздействия на экосистемы (Балушкина, 2006). Зоопланктонное сообщество – часть экосистемы озера, тесно связанная со всеми остальными его звеньями и отражающая общее состояние водоема, – служит надежным индикатором качества вод. Усиление антропогенного воздействия приводит к изменению условий существования организмов, что отражается на видовом составе, количественных показателях, соотношении отдельных таксономических групп, структуре популяций зоопланктеров.

На Кольском п-ове примером многолетнего комплексного загрязнения является субарктическое оз.Имандра, на берегах которого сосредоточены предприятия горно-металлургической, обогатительной, химической промышленности и атомной энергетики, построены города и поселки, проживает более 300 тыс. человек, что составляет примерно 35% общего числа жителей Мурманской области (Моисенко и др., 2009). Комплексный характер антропогенного воздействия на водоемы Кольского региона, в том числе и на оз.Имандра, существенно затрудняет выявление наиболее информативных показателей зоопланктона как компонента экологической экспертизы и оценку влияния на сообщество отдельных факторов (техногенного загрязнения, эвтрофирования и др.). Однако, как отмечает Ю.Одум (1986), «...не все возможные факторы среды одинаково важны в каждой данной ситуации и для каждого данного вида организмов».

В диагностических целях чаще используют структурные, а не функциональные характеристики, что связано с методическими трудностями их получения (Андроникова, 1988). В связи с увеличением числа типологических показателей очень важна оценка их информативности при исследовании конкретных водоемов (Андроникова, 1996).

Цель работы – выявить особенности ответных реакций зоопланктонного сообщества оз.Имандра на воздействие сточных вод медно-никелевого (губа Монче), апатит-нефелинового (губа Белая) производств, подогретых вод Кольской АЭС (губа Молочная) и дать оценку их современного экологического состояния.

## **Материал и методы исследований**

Озеро Имандра – самый крупный водоем на Кольском п-ове. Длина – 109 км, средняя ширина – 3.2 км, площадь с островами – 880.5 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 13 м, объем воды – 10.9 км<sup>3</sup>. Площадь водосбора составляет 12300 км<sup>2</sup> и представлена 1379 водотоками. Из озера вытекает р.Нива. Озеро состоит из трех в значительной степени обособленных плесов: Большой, Йокостровской и Бабинской Имандры, соединяющихся между собой узкими проливами – салмами.

В зависимости от вида антропогенной нагрузки на водосборы озер Т.И.Моисеенко и В.А.Яковлевым (1990) было предложено зонирование крупных озер по градиенту нагрузок. На акватории оз.Имандра выделено 9 зон (рис.1): И-1 – губа Монче, зона влияния сточных вод медно-никелевого производства (ГМК «Североникель»); И-2 – северная часть плеса Большая Имандра, зона влияния стоков горнорудного производства (Оленегорский ГОК), смешанных со стоками медно-никелевого производства; И-3 – губа Белая, зона влияния сточных вод апатит-нефелинового производства (ОАО «Апатит»); И-4 – южная часть плеса Большая Имандра, зона смешения всех вышеназванных стоков; И-5 – северная часть плеса Йокостровская Имандра, зона транзитного потока; И-6 – южная часть плеса Йокостровская Имандра, зона формирования стока из оз.Имандра; И-7 – губа Молочная, зона влияния подогретых вод Кольской АЭС; И-8 и И-9 – восточный и западный участки плеса Бабинская Имандра, наиболее отдаленные и не испытывающие прямого загрязнения.

Отбор проб зоопланктона в оз.Имандра проводился методом экспресс-съемок в губах Монче (30.07.1996, 27.07.1998, 07.08.2003, 14.08.2006 гг.), Белая (30.07.1996, 23.07.1998, 13.08.2003, 14.08.2006 гг.), Молочная (28.07.1996, 29.07.1998, 14.08.2003, 12.08.2006 гг.) и условно-фоновом контрольном районе (27.07.1996, 30.07.1998, 14.08.2003, 17.08.2006 гг.).

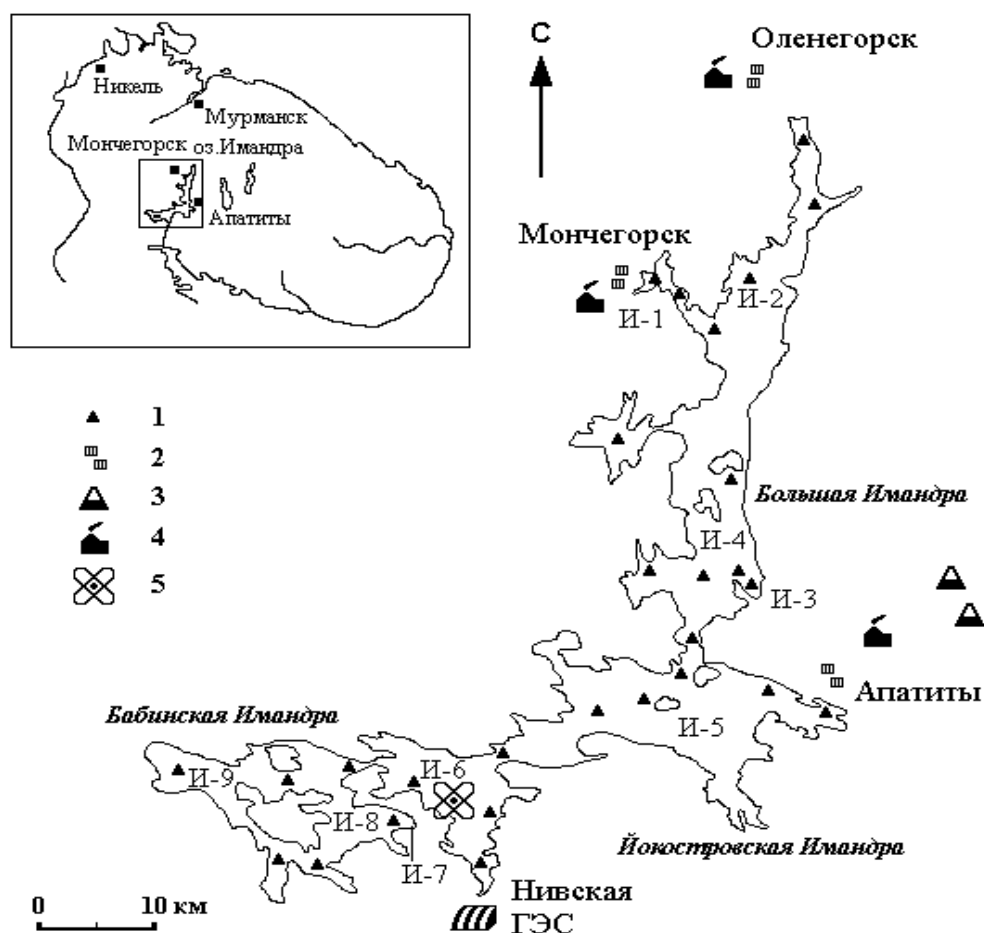


Рис.1. Карта-схема оз.Имандра и размещения точек отбора проб и промышленных производств на ее берегах:

1 – точки отбора проб; 2 – населенные пункты; 3 – рудники; 4 – промышленные предприятия; 5 – Кольская АЭС

Количественные пробы отбирали батометром (объем 2 л) от поверхности до дна через 1 м с выделением слоев: поверхность-2 м; 2-5 м; 5-10 м; 10-дно. Интегральные пробы с каждого слоя профильтровывали через качественную сеть Апштейна (сито № 70) в бутылки с плотными резиновыми пробками. Для установления видового состава зоопланктона производили тотальный лов той же сетью, для фиксации использовали 4%-й формалин.

Обработка проб и необходимые расчеты проводились согласно общепринятым методикам гидробиологического мониторинга (Руководство..., 1992). Расчет индивидуальной массы организмов выполнен на основе уравнения зависимости между длиной и массой тела планктонных коловраток и ракообразных (Ruttner-Kolisko, 1977; Балушкина, Винберг, 1979). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ STATISTICA 6.0.



## Результаты исследований

В работе рассмотрены зоны оз.Имандра И-1, И-3, И-7, подверженные техногенному воздействию, и условно-фоновый (контрольный) район И-8+И-9, не испытывающий прямого загрязнения. Таксономический состав зоопланктонного сообщества вышеуказанных зон приведен в табл.1. Гидрохимические показатели, отражающие состояние исследованных районов озера в разные периоды, представлены в табл.2.

**Условно-фоновый (контрольный) район (И-8+И-9).** В период гидробиологического лета 1996, 1998, 2003, 2006 гг. в данной акватории озера было зарегистрировано 29 таксонов видового ранга: Rotatoria – 10, Cladocera – 10, Copepoda – 9 (табл.1). Доминировали *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *K. longispina*, *N. caudata*, *B. obtusirostris*. Количественные показатели численности и биомассы зоопланктонного сообщества варьировали в пределах 7.80-113.95 тыс. экз/м<sup>3</sup> и 0.21-0.70 г/м<sup>3</sup> соответственно, что значительно ниже, чем в наиболее загрязненных зонах оз.Имандра (И-1, И-3).

Анализ наиболее информативных структурных показателей зоопланктона (рис.2, табл.3) выявил: процентное соотношение основных таксономических групп Rotatoria, Cladocera и Copepoda в величине общей численности свидетельствует о преобладании коловраток – видов, устойчивых к воздействию загрязнения; по биомассе в разные периоды исследований преобладали коловратки, ветвистоусые и веслоногие рачки; показатели общей численности и биомассы невысоки и характерны для холодноводных олиготрофных озер Кольского региона (исключение – июль 1996 г., когда отмечалось массовое развитие коловраток); индекс видового разнообразия Шеннона по численности  $H(N)$  варьировал от 1.70 до 3.01 бит/экз.; отношение показателя  $B_{Crust}/B_{Rot}$  более 1, что отражает доминирование ракообразных над коловратками (за исключением августа 2006 г.); отношение показателя  $N_{Clad}/N_{Cop}$  в июле 1996 и 1998 гг. более 1, что говорит о преобладании кладоцер; в августе 2003 и 2006 гг. этот показатель был менее 1 (преобладали копеподы); отношение  $B_3/B_2$  в июле 1996 и 1998 гг. менее 1 (мирные фильтраторы преобладали над хищными формами), августе 2003 и 2006 гг. наблюдалась обратная картина; величина средней индивидуальной массы ( $w=B/N$ ) зоопланктона сообщества (0.006-0.021 мг) характерна для водоемов олиготрофного типа.

Гидрохимические показатели в данной зоне озера не превышают фоновых значений (табл.2), она является наиболее чистой в экологическом отношении.

**Губа Монче (И-1)**, представляющая собой узкий залив длиной около 10 км в западной части плеса Большая Имандра, испытывает воздействие сточных вод медно-никелевого производства. Сточные воды ГМК «Североникель», поступающие в губу Монче по р.Нюдуай, содержат значительное количество тяжелых и других металлов, взвесей, сульфатов, хлоридов, флотореагентов, нефтепродуктов и других загрязняющих веществ. Приоритетными загрязнителями поверхностных вод с токсическим эффектом являются тяжелые металлы – никель и медь, сопутствующими – биогенные элементы и органические вещества. В периоды исследований 1996, 1998, 2003, 2006 гг. отмечалось снижение антропогенной нагрузки, что было связано со спадом развития промышленного производства и сокращением объема промышленных стоков (табл.2).

В данной зоне озера было обнаружено 37 таксонов организмов: Rotatoria – 16, Cladocera – 11, Copepoda – 10 (табл.1). Доминировали *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *N. caudata*, *B. obtusirostris*. Общая численность и биомасса организмов в периоды исследований составляли 66.90-346.30 тыс. экз/м<sup>3</sup> и 0.60-1.50 г/м<sup>3</sup> соответственно.

Таблица 1

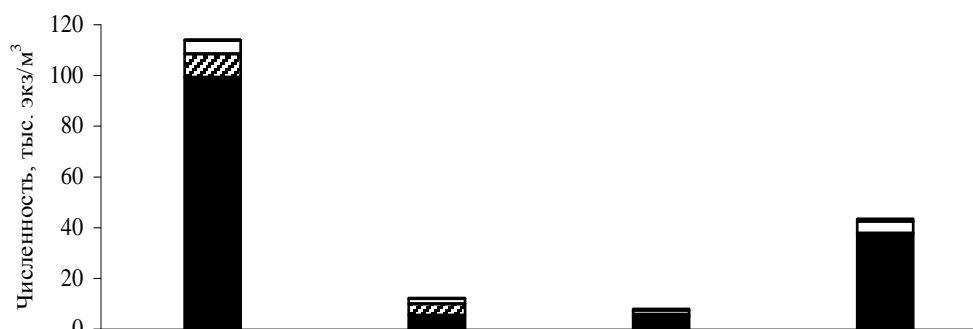
Таксономический состав зоопланктона оз.Имандра в периоды отбора проб  
в зонах техногенного воздействия и условно-фоновом (контрольном) районе  
(июль-август 1996, 1998, 2003, 2006 гг.)

| Таксон                                     | Зоны оз.Имандра |     |     |         |
|--|-----------------|-----|-----|---------|
|  | И-1             | И-3 | И-7 | И-8+И-9 |
| 1  | 2               | 3   | 4   | 5       |
| Rotatoria                                  |                 |     |     |         |
| <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse          | +               | +   | +   | +       |
| <i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)            | +               | +   | +   | +       |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas      | +               | +   | +   | -       |
| <i>Brachionus</i> sp.                      | +               | -   | -   | -       |
| <i>Collotheca</i> sp.                      | -               | -   | +   | -       |
| <i>Conochilus unicornis</i> Roussellet     | +               | +   | +   | +       |
| <i>Epiphanes</i> sp.                       | +               | -   | -   | -       |
| <i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg        | +               | +   | +   | -       |
| <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)       | +               | +   | +   | -       |
| <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)  | +               | +   | +   | +       |
| <i>Keratella cochlearis</i> Gosse          | +               | +   | +   | +       |
| <i>K. hiemalis</i> Carlin                  | +               | +   | -   | +       |
| <i>K. quadrata</i> (Müller)                | +               | +   | +   | +       |
| <i>Notholca caudata</i> Carlin             | +               | +   | +   | +       |
| <i>Notholca</i> sp.                        | -               | +   | -   | -       |
| <i>Polyarthra</i> sp.                      | +               | +   | +   | +       |
| <i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg       | -               | +   | -   | -       |
| <i>Synchaeta</i> sp.                       | +               | +   | +   | +       |
| <i>Trichocerca</i> sp.                     | -               | +   | -   | -       |
| <i>Rotatoria</i> sp.                       | +               | +   | +   | -       |
| <i>Trichotria</i> sp.                      | -               | +   | -   | -       |
| Cladocera                                  |                 |     |     |         |
| <i>Alona affinis</i> Leydig                | +               | -   | +   | -       |
| <i>A. quadrangularis</i> (Müller)          | -               | -   | -   | +       |
| <i>Alona</i> sp.                           | -               | -   | +   | -       |
| <i>Alonella nana</i> Baird                 | -               | -   | +   | -       |
| <i>Alonopsis elongata</i> Sars             | -               | +   | -   | -       |
| <i>Bosmina coregoni</i> Baird              | +               | -   | -   | -       |
| <i>B. obtusirostris</i> Sars               | +               | +   | +   | +       |
| <i>Bosmina</i> sp.                         | -               | -   | +   | -       |
| <i>Bythotrephes cederstromii</i> Schoedler | +               | -   | +   | +       |
| <i>B. longimanus</i> Leydig                | -               | -   | +   | +       |
| <i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)   | +               | -   | -   | -       |
| <i>Chydorus</i> sp.                        | +               | -   | -   | -       |
| <i>Daphnia cristata</i> G.O. Sars          | +               | -   | +   | +       |
| <i>D. hyalina</i> Leydig                   | -               | +   | -   | -       |
| <i>D. longiremis</i> G.O. Sars             | -               | +   | +   | -       |
| <i>D. longispina</i> O.F. Müller           | +               | +   | -   | -       |
| <i>Eurycercus lamellatus</i> (Müller)      | -               | -   | +   | +       |
| <i>Holopedium gibberum</i> Zaddach         | +               | +   | +   | +       |

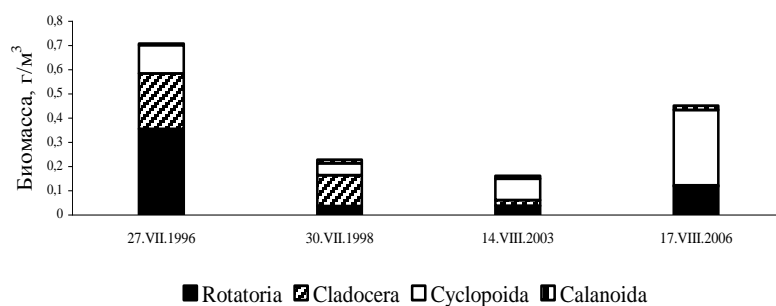
Окончание таблицы 1

| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|--|----|----|----|----|
| <i>Leptodora kindtii</i> (Focke)             | -  | -  | +  | +  |
| <i>Pleuroxus</i> sp.                         | +  | +  | -  | -  |
| <i>Polyphemus pediculus</i> (L.)             | +  | -  | +  | +  |
| <i>Rhynchotalona</i> sp.                     | -  | -  | +  | -  |
| <i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller) | -  | -  | -  | +  |
| Copepoda                                     |    |    |    |    |
| <i>Acanthocyclops gigas</i> (Claus)          | +  | +  | +  | -  |
| <i>A. vernalis</i> (Fischer)                 | -  | +  | -  | -  |
| <i>A. viridis</i> (Jurine)                   | +  | -  | +  | +  |
| <i>Acanthocyclops</i> sp.                    | +  | +  | +  | +  |
| <i>Cyclops scutifer</i> Sars                 | +  | +  | +  | +  |
| <i>C. strenuus</i> Fischer                   | +  | -  | +  | -  |
| <i>C. vicinus</i> Uljanin                    | +  | +  | +  | +  |
| <i>Cyclops</i> sp.                           | +  | +  | +  | +  |
| <i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars)           | +  | -  | -  | +  |
| <i>E. graciloides</i> (Lilljeborg)           | -  | +  | +  | -  |
| <i>Heterocope appendiculata</i> Sars         | +  | +  | +  | +  |
| <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)         | +  | +  | +  | +  |
| <i>Mesocyclops</i> sp.                       | -  | -  | -  | +  |
| Всего  | 37 | 34 | 38 | 30 |

А



Б



■ Rotatoria ▨ Cladocera □ Cyclopoida ■ Calanoida

Рис.2. Динамика показателей численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона в условно-фоновом (контрольном) районе оз.Имандра (И-8+И-9)

Таблица 2

Концентрации основных ионов, БЭ и микроэлементов  
в различные периоды исследований

| Показатель               | Фоновые значения | 1983–1992 гг.                     |                                    | 1996–2006 гг.                    |                                  |                                 |                                 |
|--------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                          |                  | И-1                               | И-3                                | И-1                              | И-3                              | И-7                             | И-8+И-9                         |
| Na <sup>+</sup> , мг/л   | 5.4-6.7          | <u>23.2±11.9</u><br>3.7-51.9      | <u>21.9±3.9</u><br>17.0-34.6       | <u>12.3±1.7</u><br>8.5-16.5      | <u>15.9±0.9</u><br>13.3-17.5     | <u>7.1±0.4</u><br>6.9-8.5       | <u>6.4±0.3</u><br>5.4-6.7       |
| K <sup>+</sup> , мг/л    | 1.3-1.5          | <u>1.7±0.6</u><br>0.5-3.0         | <u>4.7±2.0</u><br>2.9-10.9         | <u>2.1±0.2</u><br>1.4-2.3        | <u>2.9±0.2</u><br>2.5-3.4        | <u>1.5±0.06</u><br>1.4-1.6      | <u>1.3±0.04</u><br>1.3-1.5      |
| СГ, мг/л                 | 1.4-1.8          | <u>10.4±9.9</u><br>1.0-48.0       | <u>8.3±2.2</u><br>1.5-12.8         | <u>4.7±0.3</u><br>3.8-5.5        | <u>5.2±0.3</u><br>4.5-5.8        | <u>2.7±0.1</u><br>2.4-2.9       | <u>2.3±0.6</u><br>2.1-2.8       |
| P <sub>общ</sub> , мкг/л | 1.0-8.0          | <u>32.0±21.0</u><br>5.0-76.0      | <u>35.0±47.0</u><br>2.0-176.0      | <u>13.5±3.4</u><br>3.5-18.5      | <u>53.7±11.1</u><br>10.5-57.0    | <u>5.2±1.1</u><br>1.0-6.0       | <u>4.2±1.4</u><br>1.0-8.0       |
| N <sub>общ</sub> , мкг/л | 94.0-142.0       | <u>374.0±216.0</u><br>164.0-813.0 | <u>792.0±749.0</u><br>180.0-1925.0 | <u>187.8±19.4</u><br>125.0-207.0 | <u>366.0±20.8</u><br>341.0-433.0 | <u>126.2±12.3</u><br>96.0-156.0 | <u>120.0±11.7</u><br>94.0-142.0 |
| Ni, мкг/л                | 1.0              | <u>82.0±36.0</u><br>6.0-150.0     | <u>28.0±18.0</u><br>4.0-63.0       | <u>16.4±4.3</u><br>5.9-24.0      | <u>7.6±2.1</u><br>6.2-15.5       | <u>2.1±0.3</u><br>1.4-2.8       | <u>2.1±0.4</u><br>1.9-3.8       |
| Cu, мкг/л                | 1.0              | <u>28.0±36.0</u><br>0-165.0       | <u>9.0±10.0</u><br>2.0-45.0        | <u>6.6±1.4</u><br>3.4-9.5        | <u>5.0±1.2</u><br>3.7-9.1        | <u>2.6±0.2</u><br>2.3-3.2       | <u>2.4±1.1</u><br>2.1-6.7       |
| Sr, мкг/л                | 26.0             | <u>33.0±12.0</u><br>15.0-53.0     | <u>78.0±28.0</u><br>53.0-149.0     | <u>40.7±7.0</u><br>27.5-61.0     | <u>66.0±6.6</u><br>50.5-82.0     | <u>49.3±6.2</u><br>34.0-64.0    | <u>46.7±5.2</u><br>39.5-63.0    |
| Al, мкг/л                | 30.0             | <u>26.0±14.0</u><br>9.0-51.0      | <u>82.0±108.0</u><br>15.0-540.0    | <u>28.3 ± 3.6</u><br>25.5-41.5   | <u>85.5±12.3</u><br>53.0-113.0   | <u>14.5±2.0</u><br>11.3-20.5    | <u>17.0±2.6</u><br>10.7-22.5    |
| Fe, мкг/л                | 34.0             | <u>29.0±18.0</u><br>10.0-70.0     | <u>60.0±127.0</u><br>6.0-645.0     | <u>28.6±6.7</u><br>17.0-46.5     | <u>45.6±5.3</u><br>27.0-49.5     | <u>14.0±3.2</u><br>9.8-21.0     | <u>14.7±1.8</u><br>10.9-19.5    |
| Mn, мкг/л                | 5.6              | <u>17.0±11.0</u><br>4.0-38.0      | <u>13.0±9.0</u><br>5.0-41.0        | <u>10.8±2.3</u><br>9.5-19.6      | <u>16.9±1.4</u><br>13.2-19.5     | <u>1.8±0.2</u><br>1.5-2.5       | <u>1.4±0.3</u><br>0.9-2.1       |
| Zn, мкг/л                | 2.0              | <u>19.0±28.0</u><br>5.0-113.0     | <u>17.0±13.0</u><br>1.0-57.0       | <u>2.4±0.7</u><br>1.2-4.5        | <u>2.3±0.4</u><br>0.9-2.8        | <u>1.8±0.2</u><br>1.4-2.1       | <u>2.1±0.3</u><br>1.1-2.3       |

ПРИМЕЧАНИЕ. В числителе – среднее и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе – минимальное и максимальное значения. 1983-1992 гг. – данные из работы (Т.И.Моисеенко и др., 2009), 1996-2006 гг. – собственные данные.

Таблица 3

Структурные показатели зоопланктонного сообщества  
в условно-фоновом (контрольном) районе оз.Имандра

| Показатель                              | Июль 1996 г. | Июль 1998 г. | Август 2003 г. | Август 2006 г. |
|---|--------------|--------------|----------------|----------------|
| $N_{Rot}:N_{Clad}:N_{Cop}$ , %          | 87:8:5       | 46:37:17     | 63:11:26       | 86:1:14        |
| $B_{Rot}:B_{Clad}:B_{Cop}$ , %          | 50:32:18     | 16:56:28     | 24:14:62       | 26:1:74        |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | 113.95       | 12.10        | 7.80           | 43.40          |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | 0.70         | 0.21         | 0.21           | 0.50           |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | 2.70         | 2.80         | 3.01           | 1.70           |
| $B_{Crust}/B_{Rot}$                     | 1.01         | 5.30         | 3.20           | 0.01           |
| $N_{Clad}/N_{Cop}$                      | 1.70         | 2.10         | 0.40           | 0.04           |
| $B_3/B_2$                               | 0.60         | 0.50         | 1.90           | 3.90           |
| Средняя индивидуальная масса особи, мг  | 0.006        | 0.019        | 0.021          | 0.010          |

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и далее в таблицах  $N_{Rot}$ ,  $N_{Clad}$ ,  $N_{Cop}$  – численность коловраток, клadoцeр, копепоd;  $B_{Rot}$ ,  $B_{Clad}$ ,  $B_{Cop}$ ,  $B_{Crust}$  – биомасса коловраток, клadoцeр, копепоd, ракообразных;  $B_2$ ,  $B_3$  – биомасса «мирного» и хищного зоопланктона соответственно.

Анализ наиболее информативных структурных показателей зоопланктона (рис.3, табл.4) выявил: процентное соотношение основных таксономических групп Rotatoria, Cladocera и Copepoda в величине общей численности и по биомассе на протяжении всего периода исследований свидетельствует о преобладании коловраток – видов, типичных индикаторов загрязнения; показатели общей численности и биомассы достаточно высоки по сравнению с условно-фоновым районом, что характеризует ответную реакцию зоопланктона на воздействие сточных вод медно-никелевого производства; индекс видового разнообразия Шеннона по численности  $H(N)$  выше по сравнению с условно-фоновым районом (1.90-3.02 бит/экз.), что говорит об увеличении видового разнообразия сообщества за счет развития устойчивых к загрязнению коловраток; показатель  $B_{Crust}/B_{Rot}$  менее 1, что свидетельствует о доминировании коловраток на протяжении всего периода исследований; показатель  $N_{Clad}/N_{Cop}$  менее 1, что отражает превалирование веслоногих ракообразных из группы Cyclopoida; отношение  $B_3/B_2$  менее 1, что говорит о преобладании мирных фильтраторов над хищными формами (за исключением июля 1998 г.); величина средней индивидуальной массы ( $w=B/N$ ) зоопланктона сообщества – 0.002-0.012 мг, что отражает доминирование форм, имеющих мелкие размеры (коловраток).

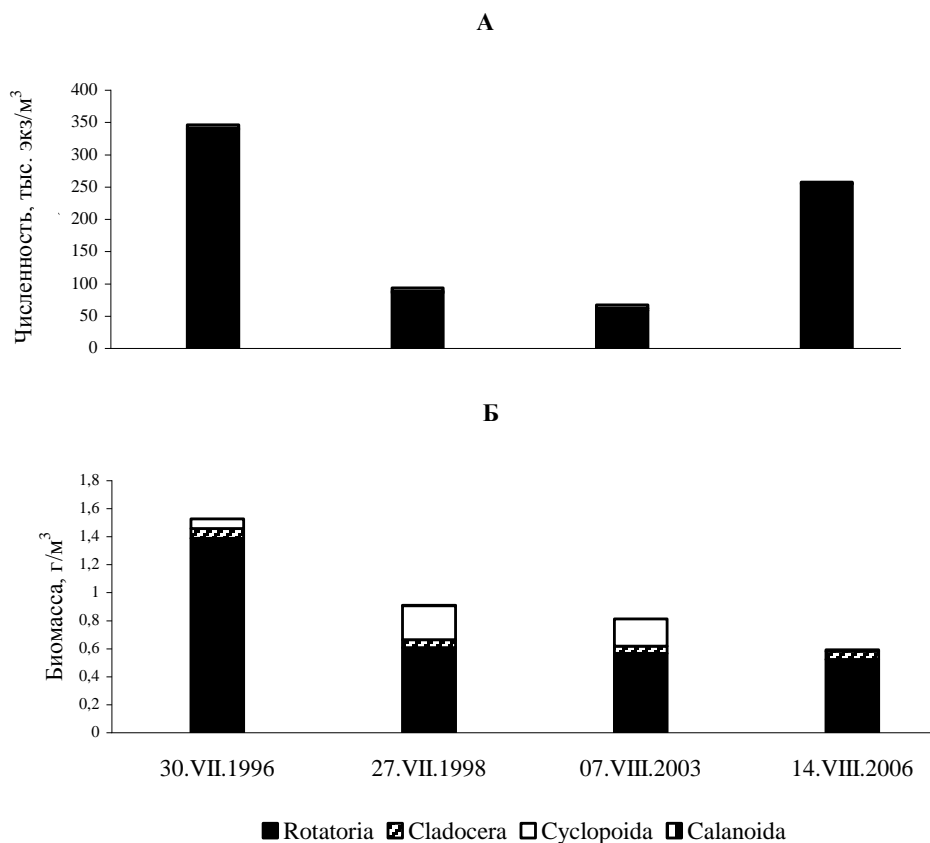


Рис.3. Динамика показателей численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона в зоне влияния сточных вод медно-никелевого производства (И-1)

Таблица 4

Структурные показатели зоопланктонного сообщества  
в зоне влияния сточных вод медно-никелевого производства (И-1)

| Показатель                              | Июль 1996 г. | Июль 1998 г. | Август 2003 г. | Август 2006 г. |
|---|--------------|--------------|----------------|----------------|
| $N_{Rot}:N_{Clad}:N_{Cop}$ , %          | 97:1:2       | 92:2:6       | 88:5:7         | 98:1:1         |
| $B_{Rot}:B_{Clad}:B_{Cop}$ , %          | 91:4:5       | 67:6:27      | 70:7:23        | 88:10:2        |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | 346.30       | 93.70        | 66.90          | 257.20         |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | 1.50         | 0.91         | 0.81           | 0.60           |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | 2.50         | 2.40         | 3.02           | 1.90           |
| $B_{Crust}/B_{Rot}$                     | 0.10         | 0.51         | 0.40           | 0.10           |
| $N_{Clad}/N_{Cop}$                      | 0.40         | 0.40         | 0.71           | 0.60           |
| $B_3/B_2$                               | 0.90         | 1.40         | 0.97           | 0.90           |
| Средняя индивидуальная масса особи, мг  | 0.004        | 0.011        | 0.012          | 0.002          |

**Губа Белая (И-3)** после отсечения части ее акватории дамбой с целью складирования там отходов апатитонепелиновых обогатительных фабрик (АНОФ) ОАО «Апатит» (хвостохранилище) представляет собой довольно узкий залив. ОАО «Апатит» с 1930 г. в восточную часть оз.Имандра сбрасывает по р.Белой сточные воды, содержащие тысячи тонн взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов, десятки тонн фосфора, нефтепродуктов и других загрязняющих веществ, применяемых в процессе флотации апатитонепелиновых руд (ОП-4, талловые масла и др.). В период спада объемов промышленного производства и уменьшения антропогенной нагрузки на оз.Имандра (с 1993 г.) снизилась концентрация основных загрязняющих веществ (табл.2): общего азота с  $792.0 \pm 749.0$  до  $366.0 \pm 20.8$ , никеля с  $28.0 \pm 18.0$  до  $7.6 \pm 2.1$ , цинка с  $17.0 \pm 13.0$  до  $2.3 \pm 0.4$  мкг/л.

В период гидробиологического лета 1996, 1998, 2003, 2006 гг. непосредственно вблизи источника загрязнения сточными водами апатитонепелиновых фабрик было выявлено 34 таксона видовой ранга: Rotatoria – 18, Cladocera – 7, Copepoda – 9 (табл.1). Преобладали *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *K. longispina*. Величины общей численности и биомассы в периоды исследований варьировали в пределах  $35.80-491.10$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $0.30-3.40$  г/м<sup>3</sup> соответственно.

Анализ наиболее информативных структурно-функциональных показателей зоопланктона (рис.4, табл.5) выявил: процентное соотношение основных таксономических групп Rotatoria, Cladocera и Copepoda в величине общей численности на всем протяжении периода исследований свидетельствует о преобладании коловраток – видов, устойчивых к воздействию загрязнения; по биомассе также доминировали коловратки (за исключением августа 2003 г.); индекс видового разнообразия Шеннона по численности  $H(N)$  варьировал в пределах 1.97-2.96 бит/экз.; показатели общей численности и биомассы значительно превышают таковые в условно-фоновом районе, что характеризует ответную реакцию зоопланктона на воздействие сточных вод апатитонепелиновых обогатительных фабрик; показатель  $B_{Crust}/B_{Rot}$  менее 1, что свидетельствует о доминировании коловраток (за исключением августа 2003 г.); показатель  $N_{Clad}/N_{Cop}$  также менее 1, что отражает превалирование веслоногих ракообразных над ветвистоусыми; отношение  $B_3/B_2$  менее 1, что говорит о преобладании мирных фильтраторов над хищными формами (за исключением августа 2003 г., когда превалировали хищные циклопиды); величина средней индивидуальной массы ( $w=B/N$ ) зоопланктона сообщества – 0.001-0.018 мг, что отражает доминирование коловраток, имеющих мелкие размеры.

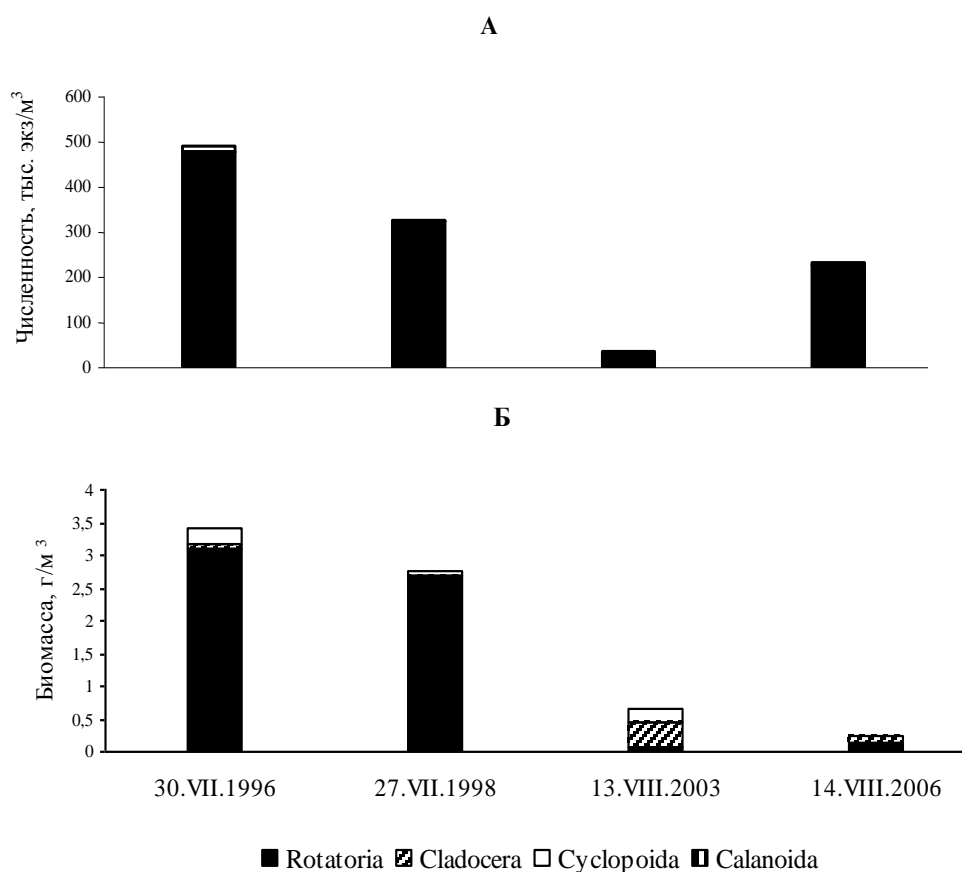


Рис.4. Динамика показателей численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона в зоне влияния сточных вод апатитонефелиновых обогатительных фабрик (И-3)

Таблица 5

Структурные показатели зоопланктонного сообщества  
в зоне влияния сточных вод апатитонефелиновых обогатительных фабрик (И-3)

| Показатель                              | Июль 1996 г. | Июль 1998 г. | Август 2003 г. | Август 2006 г. |
|---|--------------|--------------|----------------|----------------|
| $N_{Rot}:N_{Clad}:N_{Cop}$ , %          | 97:1:3       | 98:1:1       | 77:9:14        | 97:2:1         |
| $B_{Rot}:B_{Clad}:B_{Cop}$ , %          | 92:1:7       | 96:1:3       | 15:59:26       | 54:45:1        |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | 491.10       | 326.50       | 35.80          | 232.90         |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | 3.40         | 2.80         | 0.60           | 0.30           |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | 2.90         | 1.97         | 2.96           | 2.29           |
| $B_{Crust}/B_{Rot}$                     | 0.10         | 0.04         | 6.50           | 0.90           |
| $N_{Clad}/N_{Cop}$                      | 0.10         | 0.90         | 0.65           | -              |
| $B_3/B_2$                               | 0.99         | 0.90         | 2.80           | 0.20           |
| Средняя индивидуальная масса особи, мг  | 0.007        | 0.008        | 0.018          | 0.001          |

Обильное развитие зоопланктона в данном районе озера в летние периоды связано с процессом эвтрофирования, вызванным достаточно высокими концентрациями в воде биогенных элементов ( $N_{\text{общ}}$  341.0-433.0,  $P_{\text{общ}}$  10.5-57.0 мкг/л) (табл.2) при сопутствующем техногенном загрязнении неорганической взвесью (2.0-10.0 мг/л).

На берегах оз.Имандра с 1974 г. функционирует Кольская АЭС на прямоточной системе охлаждения. Для охлаждения своих агрегатов она забирает воды из Йокостровской Имандры и сбрасывает в подогретом на 8-12 °С состоянии в наиболее чистый плес – Бабинскую Имандру. В зависимости от нагрузки станции объем подогретых вод составляет 40-80 м<sup>3</sup>/с, т.е. теплая река вливается в холодноводное озеро, создавая отличные от природных условия с повышенной температурой воды и со специфичными биоценозами (Моисеенко, 1997). Общая площадь **обогреваемой зоны (И-7)** около 25 км<sup>2</sup>. В поток более загрязненных подогретых вод из Йокостровской Имандры добавляются токсичные хозяйственные стоки самой станции (Моисеенко, Яковлев, 1990).

За период исследований 1996, 1998, 2003, 2006 гг. в зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС было выявлено 38 таксонов организмов: Rotatoria – 14, Cladocera – 14, Copepoda – 10 (табл.1). Доминировали *K. cochlearis*, *K. longispina*, *B. obtusirostris*, *Cyclops sp.* Общая численность и биомасса зоопланктона составляли 17.01-87.01 тыс. экз/м<sup>3</sup> и 0.20-1.10 г/м<sup>3</sup> соответственно.

Анализ наиболее информативных структурных показателей зоопланктона (рис.5, табл.6) показал: процентное соотношение основных таксономических групп Rotatoria, Cladocera и Copepoda в величине общей численности свидетельствует о преобладании коловраток; по биомассе в июле 1996 и 1998 гг. превалировали коловратки, в августе 2003 г. – копеподы, 2006 г. – кладоцеры; показатели общей численности и биомассы невысоки и характерны для озер Кольского региона; индекс видового разнообразия Шеннона по численности  $H(N)$  варьировал в пределах 2.1-2.9 бит/экз; показатель  $B_{\text{Crust}}/B_{\text{Rot}}$  более 1 на протяжении всего периода исследований, что свидетельствует о преобладании ракообразных над коловратками; показатель  $N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cop}}$  был менее 1 в июле 1996 и августе 2003 гг. (преобладали веслоногие ракообразные) и более 1 в июле 1998 и августе 2006 гг. (превалировали ветвистоусые рачки); показатель  $B_{\text{Cycl}}/B_{\text{Cal}}$  более 1, что отражает доминирование циклопид над каланоидами; отношение  $B_3/B_2$  менее 1 в июле 1996 и 1998 гг. (мирные фильтраторы преобладали над хищными формами); в августе 2003 и 2006 гг. этот показатель был более 1 (превалирование хищных над мирными); величина средней индивидуальной массы ( $w=B/N$ ) зоопланктона сообщества варьировала в пределах 0.013-0.016 мг, что сравнимо с условно-фоновым районом.

Также и по гидрохимическим параметрам (табл.2) данная акватория озера приближается к условно-фоновому району.



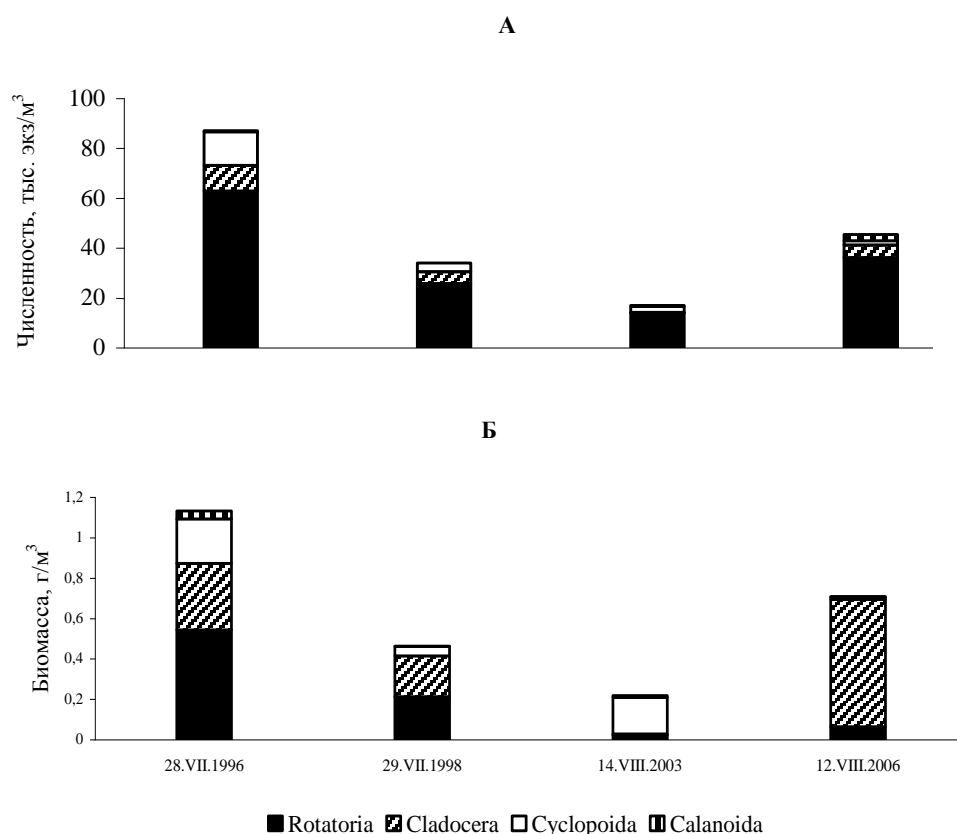


Рис.5. Динамика показателей численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона в зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС (И-7)

Таблица 6

Структурные показатели зоопланктонного сообщества в зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС (И-7)

| Показатель                              | Июль, 1996 г. | Июль, 1998 г. | Август, 2003 г. | Август, 2006 г. |
|---|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| $N_{Rot}:N_{Clad}:N_{Cop}, \%$          | 72:12:16      | 76:13:11      | 82:1:17         | 80:11:9         |
| $B_{Rot}:B_{Clad}:B_{Cop}, \%$          | 48:29:23      | 46:43:11      | 10:2:88         | 9:89:2          |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | 87.01         | 34.10         | 17.01           | 45.50           |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | 1.10          | 0.51          | 0.20            | 0.71            |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | 2.90          | 2.81          | 2.11            | 2.80            |
| $B_{Crust}/B_{Rot}$                     | 1.10          | 1.21          | 8.60            | 9.91            |
| $N_{Clad}/N_{Cop}$                      | 0.71          | 1.31          | 0.10            | 1.20            |
| $B_3/B_2$                               | 0.81          | 0.90          | 5.41            | 3.10            |
| Средняя индивидуальная масса особи, мг  | 0.013         | 0.014         | 0.013           | 0.016           |

## Обсуждение результатов

**Таксономическая структура.** В удаленном от источников загрязнения условно-фоновом (контрольном районе) (И-8+И-9) оз.Имандра доминируют эврибионтные виды. Возрастает доля организмов-фильтраторов – наиболее ценных в кормовом отношении крупных ветвистоусых (*B. obtusirostris*, *D. cristata*, *H. gibberum*) и веслоногих (*M. leuckarti*, *E. gracilis*) ракообразных в величине общей численности и биомассы. Следует отметить обильное развитие чувствительных к загрязнению активных «грубых» фильтраторов каланоид (*E. gracilis*, *H. appendiculata*), играющих значительную роль в процессе самоочищения воды, что не было характерно для наиболее загрязненных районов озера (И-1, И-3).

В губе Монче (И-1), где отмечается загрязнение вод тяжелыми металлами и эвтрофирование, в величине общей численности и биомассы преобладали типичные индикаторы загрязнения – коловратки (*A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *N. caudata*). Доля ветвистоусых рачков (клагоцер), чувствительных к воздействию тяжелых металлов, была незначительной. Численность веслоногих ракообразных (циклопоид и каланоид), хотя и менее чувствительных к тяжелым металлам благодаря наличию у них более прочного хитинового покрова, также была низкой. Наиболее чувствительные к загрязнению каланоиды *E. gracilis* и *H. appendiculata* встречались единично.

Обильное развитие зоопланктона в данном районе озера, по-видимому, связано с параллельно идущим процессом эвтрофирования, развивающимся за счет высоких концентраций биогенных элементов ( $N_{\text{общ}}$  125.0-207.0 мкг/л,  $P_{\text{общ}}$  3.5-18.5 мкг/л) (табл.2), которые снижают токсичность тяжелых и других металлов, что согласуется с литературными данными (Дубровина и др., 1991).

В губе Белой (И-3), где выявлены комбинированные эффекты эвтрофирования и загрязнения вод минеральной взвесью, происходит замена «тонких» фильтраторов *Bosmina* и *Daphnia*, характерных для водоемов с повышенным уровнем трофии и не способных отфильтровывать крупные частицы взвешенных органических веществ, на хищных веслоногих циклопов (*M. leuckarti*, *A. gigas*) при общем преобладании коловраток (*A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *K. longispina*). Не были обнаружены ранее обычные в оз.Имандра ветвистоусые ракообразные *D. cristata*, *B. cederstromii*, *B. longimanus*. Известно, что коловратки, благодаря смешанному характеру питания, менее чувствительны по сравнению с кладоцерами к условиям высоких концентраций неорганической взвеси (Gliwicz, 1969; Телеш, 1996). Циклопоиды, обладая прочными хитиновыми покровами и имея хищный тип питания, также более устойчивы к воздействию токсикантов. Чувствительные к загрязнению активные «грубые» фильтраторы каланоиды (*E. gracilis*), изымающие из толщи воды крупные частицы взвешенных органических веществ, были отмечены единично, что свидетельствует о снижении биофильтрационной активности зоопланктона в данном районе озера.

В зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС (И-7) отмечается увеличение доли чувствительных к загрязнению ветвистоусых и веслоногих ракообразных. Влияние Кольской АЭС сводится к следующим основным видам воздействия: тепловому, гидродинамическому и гидрохимическому. Все они ведут к изменениям в биоте обогреваемого участка. В результате работы АЭС в водную среду поступают вещества техногенного происхождения, которые, наряду с подогревом, воздействуют на водные организмы, заметно нарушая экосистему оз.Имандра. Принципиальное отличие теплового воздействия от техногенного загрязнения и эвтрофирования водоемов, по мнению Ф.Д.Мордухай-Болтовского (1975), заключается в том, что в первом случае в водоемы поступает тепло (энергия), а в остальных – вещество. Тепло не аккумулируется в водоемах и не передается по трофическим цепям. Существенно отличается и период последствия. После прекращения сброса теплых

вод за время, необходимое на перераспределение субстратов, восстанавливаются даже полностью уничтоженные высокими температурами биоценозы.

Доминировали *K. cochlearis*, *K. longispina*, *B. obtusirostris*, *Cyclops sp.* В качестве негативного эффекта следует отметить гибель и травмирование части крупных, имеющих выросты ракообразных (*Daphnia*, *Bosmina*, *Cyclops*, *Leptodora*, *Bythotrephes*) при прохождении через охлаждающую систему Кольской АЭС и влияние сложной гидродинамической ситуации, обусловленной высокой степенью перемешивания и проточностью водных масс в устье сбросного канала и в подогреваемой зоне озера.

**Количественные показатели.** Анализ количественных показателей зоопланктонного сообщества в периоды исследований 1996, 1998, 2003 и 2006 гг. выявил, что значения численности и биомассы были стабильно высокими в зонах И-1 и И-3, испытывающих интенсивную техногенную нагрузку. Исключение составляют зоны И-7 и И-8+И-9 в 2006 г., когда было зарегистрировано массовое развитие ветвистоусых рачков в зоне влияния подогретых вод и копепод в условно-фоновом районе, что обусловило высокие показатели биомассы в этот период.

В табл.7 представлены обобщенные количественные показатели зоопланктонного сообщества в исследуемых зонах оз.Имандра. В период максимального функционирования сообщества (июль-август) было выявлено увеличение численности и биомассы зоопланктона соответственно с  $27.7 \pm 24.5$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $0.3 \pm 0.1$  г/м<sup>3</sup> в условно-фоновом районе (И-8+И-9) до  $175.7 \pm 66.7$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $0.8 \pm 0.2$  г/м<sup>3</sup> в зоне И-1 и  $279.7 \pm 95.1$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $1.7 \pm 0.8$  г/м<sup>3</sup> в зоне И-3. Это связано с параллельно идущим эвтрофированием, вызванным высоким содержанием в воде  $N_{\text{общ}}$  и  $P_{\text{общ}}$ , снижающих токсичность тяжелых и других металлов, которые могут оказывать стимулирующее влияние на развитие зоопланктона.

Таблица 7

Количественные показатели зоопланктонного сообщества оз.Имандра  
(июль-август 1996, 1998, 2003, 2006 гг.)

| Показатель                              | $M \pm m$        | min-max    | Стандартное отклонение, $\sigma$ |
|---|------------------|------------|----------------------------------|
| Условно-фоновый район (И-8+И-9)         |                  |            |                                  |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | $27.7 \pm 24.5$  | 7.8-113.9  | 49.1                             |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | $0.3 \pm 0.1$    | 0.1-0.7    | 0.2                              |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | $2.7 \pm 0.3$    | 1.7-2.9    | 0.5                              |
| Губа Монче (И-1)                        |                  |            |                                  |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | $175.7 \pm 66.7$ | 66.9-346.3 | 133.4                            |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | $0.8 \pm 0.2$    | 0.6-1.5    | 0.4                              |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | $2.4 \pm 0.2$    | 1.9-3.0    | 0.4                              |
| Губа Белая (И-3)                        |                  |            |                                  |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | $279.7 \pm 95.1$ | 35.8-491.1 | 190.1                            |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | $1.7 \pm 0.8$    | 0.3-3.4    | 1.6                              |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | $2.6 \pm 0.2$    | 1.8-2.9    | 0.5                              |
| Губа Молочная (И-7)                     |                  |            |                                  |
| Численность, тыс. экз/м <sup>3</sup>    | $39.8 \pm 14.9$  | 17.1-87.1  | 29.8                             |
| Биомасса, г/м <sup>3</sup>              | $0.6 \pm 0.2$    | 0.2-1.1    | 0.4                              |
| Индекс Шеннона по численности, бит/экз. | $2.8 \pm 0.2$    | 2.1-2.9    | 0.4                              |

ПРИМЕЧАНИЕ.  $M \pm m$  – среднее значение и стандартная ошибка, min-max – предельные значения.

В зоне И-7 показатели численности и биомассы зоопланктона не имеют достоверных отличий от таковых в контрольном районе ( $39.8 \pm 14.9$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $0.6 \pm 0.2$  г/м<sup>3</sup> соответственно). В водоемах Кольского п-ова термальное воздействие отработанных вод электростанций приводит к изменению в сообществах, сходных, в определенных пределах, с влиянием эвтрофирования. Несмотря на наметившийся процесс эвтрофирования, подогреваемая акватория озера сохраняет в основном черты олиготрофного водоема. Рядом исследователей доказано, что поступление термальных вод в водоемы Севера и повышение температуры в них до 20 °С после полного перемешивания не оказывает отрицательного влияния на организмы планктона. Повышение температуры способствует ускорению процессов роста и развития гидробионтов: происходит более раннее созревание и размножение многих организмов, удлиняется их вегетационный период (Niva, 1973; Gallup, Nickman, 1975; Крючков и др., 1985). Индекс видового разнообразия Шеннона варьировал в пределах  $2.4 \pm 0.2 - 2.8 \pm 0.2$  бит/экз.

Результаты исследований показали, что из наиболее информативных показателей зоопланктонного сообщества, прореагировавших на техногенное загрязнение, можно выделить следующие: процентное соотношение основных таксономических групп Rotatoria, Cladocera и Copepoda в величине в общей численности и биомассы; информационный индекс видового (таксономического) разнообразия ( $H_{бит}$ ) по численности за вегетационный период; общая численность и общая биомасса зоопланктона; отношение биомассы Cladocera к биомассе Rotatoria ( $B_{Crist}/B_{Rot}$ ), отношение биомассы Cyclopoidea к биомассе Calanoida ( $B_{Cycl}/B_{Cal}$ ); отношение численности Cladocera к численности Copepoda ( $N_{Clad}/N_{Cop}$ ); отношение биомассы хищных форм зоопланктона к биомассе фильтраторов ( $B_3/B_2$ ); средняя индивидуальная масса зоопланктона для сообщества в целом ( $w=B/N$ ) за вегетационный период.

По данным работы (Моисеенко и др., 2002), в период интенсивной антропогенной нагрузки экосистема оз.Имандра, в прошлом олиготрофного ультрапресного водоема, претерпела существенные изменения, которые коснулись всех ее структурных компонентов. Произошло сильное загрязнение вод и донных отложений тяжелыми металлами, под влиянием хозяйственных сбросов и отходов апатит-нефелиновой индустрии водоем эвтрофируется. Изменился и состав водных сообществ. В составе зоопланктона преобладают эврибионтные виды – типичные индикаторы загрязнения – коловратки.

Несмотря на снижение уровня антропогенной нагрузки в последнее десятилетие, качество вод по-прежнему остается неблагоприятным. Экосистема переходит к более стабильной модификации, но отличной от ее природной структуры, и в данном случае не происходит возвращения ее к природному состоянию (Моисеенко и др., 2009).

## Выводы

Таксономическая структура зоопланктонного сообщества является хорошим индикатором степени загрязнения водоема в целом или его отдельных участков. Структурные перестройки зоопланктона в наиболее загрязненных зонах озера проявляются в снижении, а в ряде случаев и в исчезновении наиболее чувствительных к ухудшению экологических условий реликтов и типичных представителей фауны олиготрофных озер (*L. kindtii*, *B. longimanus*, *E. gracilis*, *H. appendiculata*). Их замещают и постепенно формируют состав руководящего комплекса эврибионтные эвритропные виды с простыми жизненными циклами и высокой скоростью размножения – коловратки (*A. priodonta*, *K. quadrata*, *K. longispina*), что свидетельствует об ухудшении самоочистительной способности данных районов озера. С удалением от источников интенсивного антропогенного воздействия отмечен рост

ценных в кормовом отношении «тонких» фильтраторов кладоцер (*B. obtusirostris*, *Daphnia spp.*) и активных «грубых» фильтраторов копепод (*E. gracilis*, *H. appendiculata*).

Индекс видового разнообразия Шеннона отражает усиление доминантности отдельных видов, устойчивых к воздействию токсикантов – коловраток, являющихся типичными индикаторами загрязнения.

Количественные показатели зоопланктонного сообщества также проявляют определенную специфику в зависимости от степени техногенного загрязнения отдельных участков водоема. Максимальные значения численности и биомассы зоопланктона в исследуемые периоды 1996, 1998, 2003 и 2006 гг., несмотря на снижение уровня антропогенной нагрузки с 1990 г., были зарегистрированы в губах Монче (И-1) –  $175.7 \pm 66.7$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $0.8 \pm 0.2$  г/м<sup>3</sup> и Белая (И-3) –  $279.7 \pm 95.1$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $1.7 \pm 0.8$  г/м<sup>3</sup> соответственно. Установлено, что ведущим фактором здесь выступает эвтрофирование, вызванное влиянием хозяйственных сбросов и отходов апатит-нефелиновой индустрии. Содержание больших количеств биогенных элементов и органических веществ в воде снижает токсичность тяжелых металлов и других металлов и стимулирует развитие зоопланктона.

Подогреваемая акватория оз.Имандра (губа Молочная, И-7), несмотря на наметившийся процесс эвтрофирования, сохраняет в основном черты олиготрофного водоема (численность –  $39.8 \pm 14.9$  тыс. экз/м<sup>3</sup>, биомасса –  $0.6 \pm 0.2$  г/м<sup>3</sup>), что подтверждает выводы ряда исследователей о том, что влияние умеренно подогретых сбросных вод электростанции на животный и растительный мир субарктического водоема, в целом, положительный фактор. В качестве негативного эффекта следует отметить гибель и травмирование части крупных, имеющих выросты ракообразных (*Daphnia*, *Bosmina*, *Cyclops*, *Leptodora*, *Bythotrephes*) при прохождении через охлаждающую систему Кольской АЭС и влияние сложной гидродинамической ситуации, обусловленной высокой степенью перемешивания и проточностью водных масс в устье сбросного канала и в подогреваемой зоне озера.

Выявлено изменение наиболее информативных структурных показателей зоопланктонного сообщества при различном характере техногенного воздействия, и дана оценка экологического состояния исследованных районов оз.Имандра по степени загрязнения: зоны И-1, И-3 – сильного загрязнения (сокращение видового состава и числа доминант, упрощение структуры сообщества с преобладанием Rotatoria); зона И-7 – переходная от умеренного к слабому загрязнению (увеличение доли крупных ветвистоусых и веслоногих рачков, включая Calanoida, колебания количественных показателей незначительны); зона И-8+И-9 – условно-фоновая (состояние сообщества в пределах межгодовых колебаний количественных показателей и незначительных изменений в соотношении основных таксономических групп).

## Литература

Андроникова И.Н. Использование структурно-функциональных показателей зоопланктона в системе мониторинга // Гидробиологические исследования морских и пресных вод. Л.: Наука, 1988. С. 47-53.

Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.

Балушкина Е.В. Значение структурных и функциональных характеристик биотической компоненты в оценке состояния экосистем (на примере водоемов и водотоков Северо-Запада России // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: материалы междунар. конф. СПб., 2006. С. 14-15.

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.: Наука, 1979. С. 58-72.

Дубровина Л.В. К вопросу о влиянии биотических и абиотических факторов среды на токсичность тяжелых металлов / Л.В.Дубровина и др. // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по рыбохоз. токсикологии. СПб., 1991. Т.1. С. 168-170.

Крючков В.В. Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья / В.В.Крючков, Т.И.Моисеенко, В.А.Яковлев. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1985. 132 с.

Моисеенко Т.И. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера / Т.И.Моисеенко, В.А.Яковлев. Л.: Наука, 1990. 221 с.

Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 261 с.

Моисеенко Т.И. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / Т.И.Моисеенко и др. М.: Наука. 2002. 487 с.

Моисеенко Т.И. Антропогенная трансформация арктической экосистемы озера Имандра: тенденции к восстановлению после длительного периода загрязнения / Т.И.Моисеенко и др. // Водные ресурсы. 2009. Т.36, № 3. С. 312-325.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов // Экология организмов водохранилищ-охладителей. Л.: Наука, 1975. С. 7-69.

Одум Ю. Экология. М., 1986. Ч.1. 376 с.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А.Абакумова. СПб., 1992. 318 с.

Телеш И.В. Роль планктонных ракообразных в водных экосистемах разного типа (на примере Ладожского озера, р. Невы и Невской губы) // Материалы VII Съезда Гидробиол. об-ва РАН. Казань, 1996. Т.2. С. 90-92.

Gallup D.N. The limnology of Lake Geraldine / D.N.Gallup, M.Hickman // Verh. Int. ver theor. and angew Limnol. 1975. Vol.19, № 3. P. 1746-1757.

Gliwicz Z.M. Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy // Ekol. pol. 1969. Vol.17, № 36. P. 663-708.

Niva S. Thermal discharges effect in marine life. Biology // J. Environ. Poll. Contr. 1973. Vol.9, № 6. P. 275-281.

Ruttner-Kolisko A. Suggestion for biomass calculation of planktonic rotifers // Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol. Struttgart, 1977. H.8. S. 71-78.

#### *Сведения об авторе*

#### **Вандыш Оксана Ивановна,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

#### **Vandysh Oxana Ivanovna,**

PhD(Bio), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**С.А.Валькова, Н.А.Кашулин, В.А.Даувальтер, С.С.Сандимиров**

## **СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА ОЗЕРА ИМАНДРА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО КОМБИНАТА**

### **Аннотация**

Оценено современное состояние макрозообентоса в зоне влияния стоков медно-никелевого комбината «Североникель» (Монче-губа, оз.Имандра, Мурманская обл.). Охарактеризованы таксономический состав, численность, биомасса и структура доминирования бентосных сообществ на разных участках губы Монче. Показано возрастание роли популяций реликтовых ракообразных в сообществах зообентоса. Проведен анализ многолетней динамики структурных параметров донных биоценозов.

### **Ключевые слова:**

*медно-никелевый комбинат, макрозообентос, амфиподы Monoporeia affinis.*

**S.A.Valkova, N.A.Kashulin, V.A.Dauvalter, S.S.Sandimirov**

## **THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF LAKE IMANDRA ZOOBENTHOS COMMUNITY IN THE AFFECTED AREA OF THE COPPER-NICKEL PLANT**

### **Abstract**

The current state of zoobenthos in the affected zone of the copper-nickel plants Severonikel (Monche-Guba, Lake Imandra, the Murmansk Region) are estimated. The taxonomic diversity, number, biomass and predominance of zoobenthos communities of different parts of the Monche-Guba are characterized. The increasing role of relic crustacea *Monoporeia affinis* in the zoobenthos community is demonstrated. The long-term dynamics of the bottom fauna structure parameters are assessed.

### **Key words:**

*copper-nickel plant, zoobenthos community, amphipoda Monoporeia affinis.*

### **Введение**

Озеро Имандра – самый крупный водоем Мурманской области, его длина составляет 109 км, средняя ширина – 3.19 км, площадь с островами – 880.4 км<sup>2</sup>, объем воды – 10.86 км<sup>3</sup>. Озеро состоит из трех плесов (Большая, Йокостровская и Бабинская Имандра), которые соединены между собой узкими проливами – салмами (Рихтер, 1934). Плесы озера существенно отличаются по своим морфометрическим характеристикам: Большая и Йокостровская Имандра близки между собой по площади акватории, но первый плес более глубоководный, плес Бабинская Имандра более чем в 2 раза меньше по площади водного зеркала двух других, но наиболее глубоководный (Антропогенные ..., 2002).

Водоем подвержен многофакторному антропогенному воздействию, в него поступают стоки горнодобывающих предприятий (ОАО «Апатит»), металлургической промышленности (комбинат «Североникель» ОАО «Кольская ГМК»), железорудного производства (ОАО «Олкон»). Мощным источником теплового воздействия является Кольская АЭС, сбрасывающая в озеро подогретые воды. Наряду с промышленными отходами, обуславливающими токсичное загрязнение, в озеро поступают хозяйственно-бытовые стоки городов, что приводит к эвтрофированию водоема. Наиболее загрязнен плес Большая Имандра, являющийся приемником стоков медно-никелевого комбината (Монче-губа), ОАО «Апатит» (губа Белая) и Оленегорского ГОКа (губа Куреньга).

Наиболее ранние гидробиологические исследования бентосных сообществ оз.Имандра проводились в период с 1925 по 1930 гг. (Крогиус, 1931). В дальнейшем эти работы носили эпизодический характер и проводились только на отдельных плесах (Дольник, 1972). Систематические гидробиологические исследования оз.Имандра проводятся с 1980 г. на базе Института проблем промышленной экологии Севера. Большинство этих работ было направлено на изучение донных биоценозов отдельных районов озера, подверженных непосредственному антропогенному влиянию. Детальные исследования бентосных сообществ Монче-губы проводились в период с 1978 по 1998 гг. (Моисеенко, Яковлев, 1990; Яковлев, 1995а; 1999; 2002; 2005; Антропогенные модификации ..., 2002).

В 2009 г. в рамках комплексных экологических исследований оценено современное состояние макрозообентоса губы Монче и проведен анализ изменений структурно-функциональной организации бентосных сообществ за длительный период.

### Материалы и методы

Крупнейшее предприятие горно-металлургического комплекса Мурманской области комбинат «Североникель» перерабатывает высокосернистые медно-никелевые руды Норильского месторождения и является главным источником загрязнения оз.Имандра тяжелыми металлами (ТМ) (Моисеенко и др., 1996, 2002). Сточные воды комбината с 1940 г. сбрасываются в оз.Нюдъявр, затем по р.Нюдауй поступают в узкий залив в северо-западной части плеса Большая Имандра – губу Монче. В настоящее время объем сточных вод составляет 16 млн м<sup>3</sup>/год. В их составе поступает 13.4 т/год никеля, 2.6 т/год меди, а также нефтепродукты, взвешенные вещества и токсичные флотореагенты (Доклад ..., 2009). В северную часть губы впадает река Монче, которая выносит в нее очищенные хозяйственно-бытовые стоки г.Мончегорска.

**Гидрохимия.** Наблюдения за состоянием поверхностных вод в 2009 г. проводились на акватории оз.Имандра в губе Монче (рис.1).

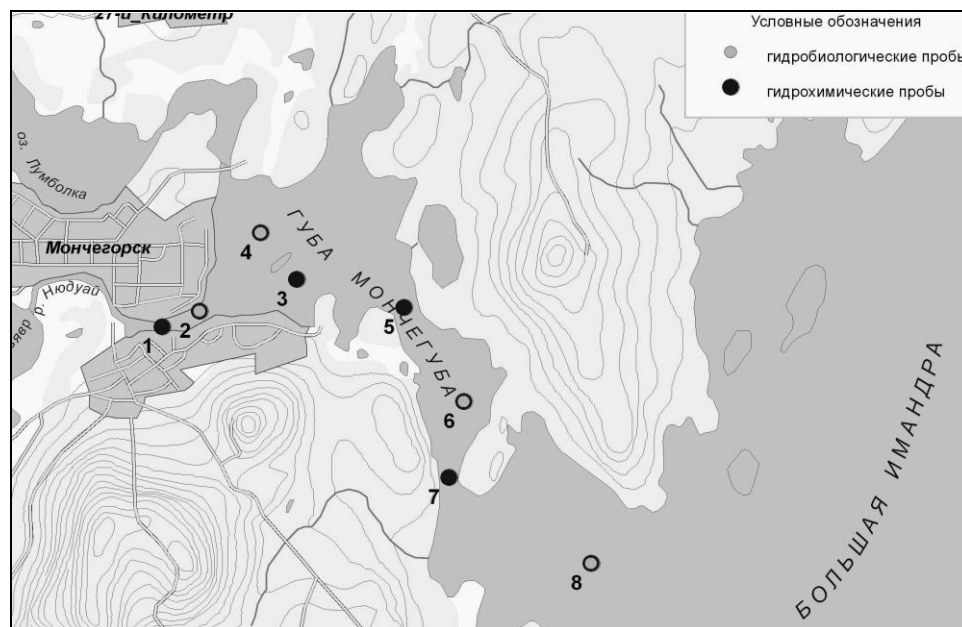


Рис.1. Карта-схема отбора гидрохимических и гидробиологических проб



Пробы воды отбирали в подледный период перед половодьем и в летний период в предварительно тщательно промытые пластмассовые бутылки объемом 1 л с поверхностных и придонных горизонтов с помощью батометра, а в случае значительной глубины и с промежуточного горизонта на станции 8. Всего в районе деятельности комбината «Североникель» в губе Монче было отобрано 32 пробы воды с 8 станций отбора.

В каждой пробе определялось 29 показателей качества воды: рН, электропроводность, цветность,  $\text{NO}_2+\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_{\text{общ}}$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{P}_{\text{общ}}$ , Si, перманганатная окисляемость, щелочность, сульфаты, хлориды, K, Na, Ca, Mg, тяжелые металлы.

Пробы анализировались следующими методами:

- рН – потенциометрический метод, использовался рН-метр М-82 фирмы Radiometer, Copenhagen;
- электропроводность при 20° – кондуктометрическое определение на Conductometer 660 фирмы Metrohm (Switzerland);
- цветность – фотометрическое определение;
- $\text{NH}_4$  – фенол-гипохлоритный метод;
- сумма нитратов и нитритов – восстановление нитратов до нитритов пропусканием через колонку с омедненным кадмием и спектрофотометрическое определение азосоединения;
  - азот общий – окисление персульфатом калия в щелочной среде до нитратов, восстановление нитратов в нитриты кадмием, спектрофотометрическое определение азосоединения;
  - фосфор общий – разложение персульфатом калия в кислой среде, спектрофотометрическое определение голубого фосфорно-молибденового комплекса (с аскорбиновой кислотой);
  - щелочность – потенциометрическое титрование по методу Грана;
  - сульфаты, хлориды – ион-хроматографическое определение на хроматографе Waters фирмы Millipore с использованием колонки IC-Pak A;
  - калий, натрий – атомно-эмиссионная спектрометрия в пламени на атомно-абсорбционном спектрофотометре 460 фирмы Perkin-Elmer;
  - кальций, магний – атомно-абсорбционная спектрометрия в пламени на AAS-360 фирмы Perkin-Elmer;
  - перманганатная окисляемость – титриметрическое определение;
  - кремний – спектрофотометрическое определение в виде синего восстановленного кремнемолибденового комплекса;
  - микроэлементы определялись атомно-абсорбционным методом при аналитических условиях, рекомендованных фирмой-изготовителем. Al, Fe, Ni, Cu, Zn, Mn, Sr на AAS Perkin-Elmer-5000 с графитовым атомизатором HGA-400. Co, Pb, Cr, Cd на AAS Analyst-800 с зеемановским корректором фона.

Фильтрацию проб проводили при разряжении на установке разделения фаз Millipore из высокоплотного полипропилена через стеклянные и поликарбонатные мембранные фильтры марок Millipore HVLPO 4700, Schleicher & Schuell ME 25/21 ST, Whatman GF/A с размером пор 0.45 мкм. Разделение Cu, Ni, Co, Mn, Al и Fe на взвешенную и растворенную формы производили фильтрацией пробы через мембранный фильтр Schleicher & Schuell с диаметром 47 мм и размером пор 0.45 мкм на фильтровальной установке Millipore с пластиковым фильтродержателем. Концентрацию металлов во взвесах определяли по разности концентраций в пробе до

и после фильтрации. Полученная после фильтрации растворенная форма металлов содержит истинно растворенные элементы, а также коллоидные частицы минерального и биологического происхождения, проходящие через фильтр.

**Исследования химического состава донных отложений (ДО)** оз.Имандра в целом и Монче-губы в частности сотрудниками ИППЭС КНЦ РАН проводятся в течение более 20 лет, начиная со времени организации Института (1989). Наиболее представительные результаты были получены в 1993, 2003 и 2007 гг. Отбор проб ДО осуществлялся вблизи устья р. Ньюдауй, по которой происходит поступление сточных вод комбината «Североникель» (станции 1 и 2, исследования 2007 г.), на некотором удалении от места впадения р.Ньюдауй (о.Любви, станция 3, 2003 г.) и на выходе Монче-губы в открытую часть Большой Имандры (станция 4, 1993 г.). Пробы ДО отбирались колонкой открытого гравитационного типа с автоматически закрывающейся диафрагмой, с последующим вертикальным разделением колонки на 1-см слои. Концентрации металлов в пробах ДО определялись методами атомно-абсорбционной спектрометрии. Подробно методика отбора и анализа проб ДО описана В.А.Даувальтером (2006).

**Гидробиологические исследования** проводили в июле 2009 г. На четырех станциях, расположенных на разном удалении от устья р.Ньюдауй (2, 4, 8 и более 10 км), дночерпателем Экмана-Берджа (площадь захвата грунта 0.029 м<sup>2</sup>) было отобрано 16 проб макрозообентоса. Анализ бентосных проб проводили с использованием рекомендованных стандартных методик (Методы ..., 1989; Руководство..., 1992). Определение беспозвоночных проводилось по таксономическим ключам (Определитель ..., 1977). Биомасса рассчитывалась по сырому весу. Для анализа многолетней динамики использовались литературные данные и результаты предыдущих исследований, накопленные в базе данных ИППЭС Кольского научного центра РАН.

## **Результаты и обсуждение**

До начала деятельности промышленных предприятий воды оз.Имандра относились к гидрокарбонатно-натриевому типу и характеризовались низкой минерализацией – 20-30 мг/л. По содержанию биогенных элементов водоем характеризовался как олиготрофный. Газовый режим озера во все сезоны года был благоприятен для фауны, насыщение воды кислородом достигало или превышало 100%. Показатель рН изменялся в разные сезоны от 6.4 до 7.2 (Антропогенные..., 2002).

Поступление сточных вод металлургического комбината привело к изменению ряда гидрохимических показателей. Сточные воды ОАО «Североникель» вносят в оз.Нюдъявр и далее в Монче-губу тысячи тонн минеральных солей, что приводит к изменению их природного содержания и соотношения. В настоящее время минерализация воды в губе Монче составляет в среднем 91.9 мг/л, достигая максимальных значений в центральной части в придонных слоях (443.0 мг/л) (табл.1). В весенний период на всех станциях наблюдений природному фону соответствует минерализация только в поверхностных слоях. В летний период за счет ветрового перемешивания минерализация в поверхностных и придонных слоях выравнивается.

Преобладающим катионом в губе Монче является натрий, на его долю в катионном составе приходится в среднем 55% в весенний период и 72% – в летний период. Концентрации в поверхностных водах в целом варьируют в диапазоне 1.89-129.4 мг/л, составляя в среднем 22.1 мг/л. Максимальные значения наблюдаются в весенний период на 4-й и 5-й станциях отбора в придонных слоях воды.

Таблица 1

## Содержание основных ионов, биогенных элементов и тяжелых металлов в воде придонных горизонтов Монче-губы

| Показатель                           | Монче-1, поверхн. | Монче-2, 5 м | Монче-3, 10 м | Монче-4, 11 м | Монче-5, 14 м | Монче-6, 14 м | Монче-7, 14 м | Монче-8, 17 м |
|--------------------------------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Апрель                               |                   |              |               |               |               |               |               |               |
| pH                                   | 6.63              | 6.86         | 6.96          | 7.22          | 8.33          | 6.92          | 6.90          | 6.90          |
| Ca <sup>2+</sup> , мг/л              | 2.88              | 3.38         | 3.65          | 5.96          | 5.62          | 3.83          | 3.91          | 4.02          |
| Mg <sup>2+</sup> , мг/л              | 0.86              | 1.05         | 1.05          | 3.73          | 3.55          | 1.23          | 1.27          | 1.41          |
| Na <sup>+</sup> , мг/л               | 2.76              | 2.28         | 13.4          | 127.2         | 129.4         | 17.9          | 21.0          | 24.8          |
| K <sup>+</sup> , мг/л                | 0.60              | 0.60         | 2.30          | 8.20          | 8.80          | 2.25          | 2.50          | 2.70          |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л | 9.8               | 12.9         | 19.3          | 44.8          | 43.1          | 19.0          | 19.6          | 20.9          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л | 5.3               | 4.6          | 19.6          | 184.5         | 183.0         | 25.8          | 28.3          | 34.7          |
| Cl <sup>-</sup> , мг/л               | 2.3               | 1.7          | 5.7           | 63.6          | 69.6          | 8.2           | 10.7          | 12.5          |
| Минер., мг/л                         | 24.5              | 26.5         | 65.0          | 437.9         | 443.1         | 78.2          | 87.3          | 101.0         |
| P <sub>общ.</sub> , мкг/л            | 23                | 20           | 19            | 283           | 81            | 45            | 65            | 64            |
| N <sub>общ.</sub> , мкг/л            | 342               | 187          | 315           | 1530          | 574           | 420           | 548           | 521           |
| TOC, мгС/л                           | 4.0               | 4.3          | 2.9           | 4.1           | 3.1           | 3.2           | 3.3           | 3.0           |
| Cu, мкг/л                            | 100               | 18           | 6.9           | 13.6          | 19.6          | 6.7           | 5.9           | 5.9           |
| Ni, мкг/л                            | 42                | 81           | 17            | 38            | 56            | 15            | 15            | 16            |
| Al, мкг/л                            | 76                | 400          | 47            | 63            | 90            | 27            | 30            | 42            |
| Fe, мкг/л                            | 79                | 52           | 14            | 110           | 136           | 32            | 30            | 34            |
| Август                               |                   |              |               |               |               |               |               |               |
| pH                                   | 7.44              | 7.07         | 7.06          | 6.89          | 6.93          | 6.91          | 7.00          | 6.90          |
| Ca <sup>2+</sup> , мг/л              | 5.32              | 4.05         | 3.63          | 3.68          | 3.63          | 3.53          | 3.58          | 3.51          |
| Mg <sup>2+</sup> , мг/л              | 3.71              | 2.00         | 1.54          | 1.66          | 1.54          | 1.26          | 1.37          | 1.26          |
| Na <sup>+</sup> , мг/л               | 59.10             | 28.36        | 20.17         | 22.81         | 21.34         | 16.76         | 18.71         | 16.48         |
| K <sup>+</sup> , мг/л                | 4.36              | 2.64         | 2.23          | 2.41          | 2.45          | 2.36          | 2.32          | 2.36          |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л | 25.9              | 13.9         | 19.6          | 20.1          | 20.3          | 20.3          | 20.2          | 20.5          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л | 89.5              | 45.4         | 29.6          | 34.1          | 30.7          | 23.2          | 25.1          | 23.2          |
| Cl <sup>-</sup> , мг/л               | 33.5              | 15.4         | 9.9           | 11.5          | 10.7          | 7.8           | 8.8           | 7.9           |
| Минер., мг/л                         | 221.4             | 111.7        | 86.7          | 96.3          | 90.7          | 75.2          | 80.1          | 75.2          |
| P <sub>общ.</sub> , мкг/л            | 26                | 20           | 23            | 27            | 19            | 24            | 20            | 30            |
| N <sub>общ.</sub> , мкг/л            | 217               | 198          | 240           | 237           | 227           | 232           | 210           | 249           |
| TOC, мгС/л                           | 4.2               | 4.3          | 4.2           | 3.9           | 4.1           | 3.9           | 3.4           | 3.2           |
| Cu, мкг/л                            | 12.3              | 9.8          | 7.2           | 9.9           | 7.5           | 6.6           | 5.1           | 6.9           |
| Ni, мкг/л                            | 55                | 29           | 19            | 23            | 20            | 14            | 10            | 17            |
| Al, мкг/л                            | 17                | 23           | 17            | 21            | 26            | 25            | 19            | 52            |
| Fe, мкг/л                            | 54                | 36           | 22            | 32            | 33            | 22            | 13            | 42            |

Среди анионов преобладают сульфаты, поступающие в водоем со сточными водами комбината, а также аэротехногенным путем с территории водосбора. Концентрации в поверхностных водах в целом варьируют в пределах 4.6-184.5 мг/л, составляя в среднем 32.7 мг/л. Максимальные концентрации наблюдаются в весенний период на 4-й и 5-й станциях отбора в придонных слоях воды, в летний период – на 1-й станции отбора проб. Таким образом, в настоящее время в летний период воды придонных горизонтов Монче-губы соответствует классу сульфатов и группе натрия (по классификации А.О.Алекина (1970)).

Водородный показатель рН в поверхностных водах варьирует в диапазоне 6.23-8.33. Вода в губе Монче в период, когда озеро покрыто льдом, относится в основном к слабокислой и нейтральной, а в летний период – к слабощелочной и нейтральной. В весенний период водородный показатель в губе Монче составляет в среднем 6.86, а в летний – 7.14. Наиболее значительно величина рН воды относительно природного нейтрального значения повышена в центральной части губы Монче на придонном горизонте станции 5 – 8.33. Далее по течению среднее значение рН снижается до 6.99. Таким образом, вода придонных горизонтов по кислотности «нормальная» – со слабощелочным или нейтральным рН.

Озера Кольского п-ова в природном состоянии характеризуются как олиготрофные водоемы с достаточно низким содержанием общего азота (300-700 мкгN/л) и фосфора (8 мкгP/л), в период вегетации эти соединения практически исчезают. Дополнительное поступление соединений азота и фосфора с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами приводит к нарушению режима биогенных элементов в водоеме, их накоплению и интенсификации процессов эвтрофирования.

Азот в придонных слоях воды содержится в виде ряда неорганических (нитритные, нитратные и аммонийные ионы) и органических соединений. В летний период содержание общего азота в придонном горизонте всех станций находилось в пределах, характерных для фоновых олиготрофных водоемов региона, составляя в среднем 231 мкгN/л. Наиболее высокие значения общего азота (1530 мкгN/л) были отмечены в весенний период в придонном горизонте ст.Монче-4.

Фосфор в природных водах присутствует в виде растворенных неорганических и органических соединений, а также в виде взвесей неорганического и органического происхождения. Содержание общего фосфора на всех станциях отбора в летний период варьировало в пределах 20-30 мкгP/л, в весенний период значения были выше (табл.1).

Содержание органического вещества в водной среде оценивалось по показателям перманганатной окисляемости, характеризующей легкоокисляемое органическое вещество. Для всей акватории губы Монче характерна достаточно постоянная величина перманганатной окисляемости – 1.53-3.98 мг/л, составляя в среднем 2.82 мг/л.

В весенний период концентрации растворенного кислорода  $O_2$  в поверхностных водах варьируют в диапазоне 10.05-11.64 мг/л, в летний период концентрации  $O_2$  ниже, изменяются в диапазоне 5.94-6.60 мг/л.

Среди микроэлементов на всех станциях превышали ПДК концентрации Cu, Ni и Al, что является результатом поступления сточных вод комбината «Североникель» и аэротехногенного переноса. С удалением от источника загрязнения и увеличением глубины содержание этих элементов в придонном горизонте снижается.

Концентрация меди на всех станциях отбора проб значительно выше норматива. Максимальные значения от 100 до 200 мкг/л наблюдаются в центральной части губы Монче. По мере удаления от места поступления сточных вод и устья реки Монча концентрация Cu снижается в среднем до 7.1 мкг/л.

Никель на всех станциях отбора проб в весенний период имеет значительные концентрации в поверхностных слоях. Максимальные значения (от 99 до 150 мкг/л) наблюдаются в центральной части губы Монче. По мере удаления содержание Ni снижается в среднем до 16 мкг/л. Концентрации Ni за весь период наблюдений варьируют в диапазоне 8.5-150 мкг/л, при нормативе 10 мкг/л (Перечень ..., 1999), составляя в среднем 32.4 мкг/л.

Алюминий поступает в озеро в составе сточных вод комбината, промышленных предприятий и хозяйственно-бытовых стоков. Содержание Al в водной среде нестабильно, высокие концентрации, как правило, наблюдаются при увеличении доли поверхностного стока в питании водных объектов. В весенний подледный период концентрации в поверхностных водах варьируют в диапазоне 27-540 мкг/л, норма – 40 мкг/л (Перечень ..., 1999), составляя в среднем 125 мкг/л. Высокие концентрации алюминия отмечены в центральной части губы Монче в весенний период (до 540 мкг/л в поверхностном горизонте станции 4). В летний период его содержание составляет в среднем 22 мкг/л.

Железо является биологически активным элементом, который в поверхностные воды поступает в результате химического выветривания подстилающих горных пород. Концентрации Fe в поверхностных водах в целом варьируют в диапазоне 11-136 мкг/л, норма – 100 мкг/л (Перечень ..., 1999), составляя в среднем 41 мкг/л. Максимальные средние концентрации наблюдаются в весенний период на станциях 1 и 4.

**Донные отложения.** Большая часть ТМ, входящих в состав выбросов и стоков комбината, связывается и захороняется в ДО. Концентрации Ni в поверхностных слоях ДО Монче-губы на ближайшей станции от устья р.Нюдуай, по которой поступают сточные воды комбината, составляют более 3%, что намного превышает его промышленное содержание в руде, сравнимо с содержаниями таких макрокомпонентов, как Fe и Al, и на 3 порядка больше, чем содержание Ni в фоновых незагрязненных слоях ДО на глубине 25 см (рис.2). Это содержание Ni – одно из самых больших, встречаемых в научной литературе о ТМ в ДО озер. Подобная картина отмечена в оз.Кор Д'Ален, США (Horowitz et al., 1993, 1995), загрязняемом промышленными стоками свинцово-цинковых рудников, где концентрации Pb достигают 2.75% (в 833 раза больше фоновых значений), Zn – 1.4% (в 118 раз больше фоновых значений), Cu – 0.07% (в 22 раза больше фоновых значений). Концентрации Cu в поверхностных слоях ДО Монче-губы также максимальные и в 200 раз превышают значения в фоновых слоях, Co – в 50-60 раз, Zn – в 6-10 раз, Cd – в 40-60 раз, Pb – в 20 раз, As – в 20-40 раз, Hg – в 10-40 раз. Концентрации всех исследованных ТМ в поверхностных слоях ДО Монче-губы также намного больше (на один-два порядка) средних фоновых содержаний в ДО озер Мурманской области (Даувальтер, 2000).

Вследствие загрязнения оз.Имандра сточными водами горно-металлургического комплекса, а также коммунально-бытовыми стоками ДО Монче-губы претерпели серьезные преобразования химического состава. Самые значительные изменения в толще ДО произошли за последние 60-70 лет. Вследствие различных скоростей осадконакопления мощность загрязненных ДО изменяется в широких пределах на акватории Монче-губе.

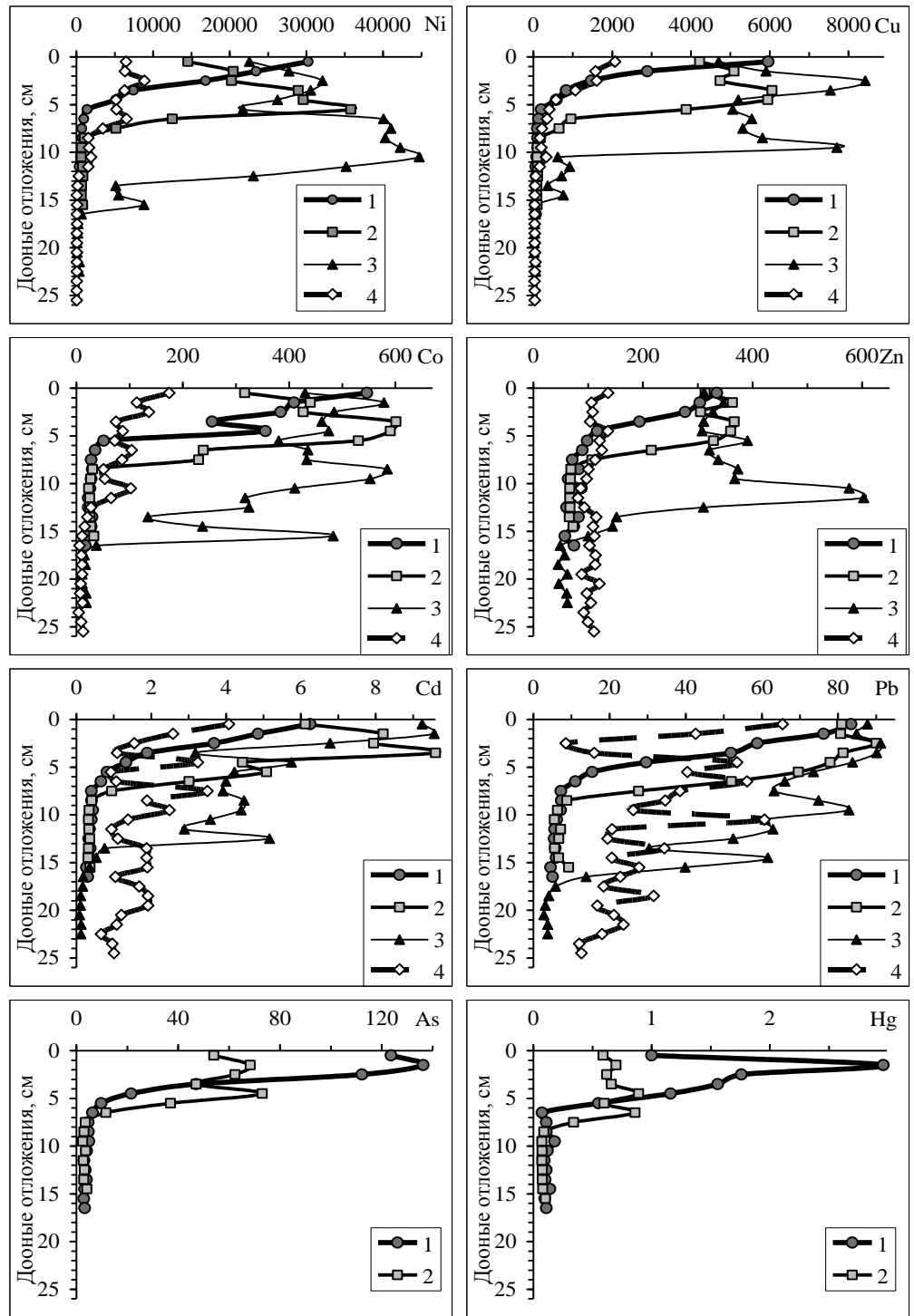


Рис.2. Вертикальное распределение концентраций ТМ ( $\mu\text{кг/г}$  сух. веса) в ДО Монче-губы

Наиболее мощный слой (до 15 см) сильно загрязненных ДО отмечен на станции вблизи о.Любви. Концентрации Ni здесь находятся в диапазоне от 0.5 до 4.5%, что вполне сопоставимо с содержанием Ni в кондиционной руде, идущей на передел на комбинате. Максимальные концентрации Ni отмечаются не в поверхностных слоях, а на глубине 6-10 см. Фоновых значений Ni на исследованных станциях на акватории Монче-губы колонки ДО не достигли, несмотря на то, что они были достаточно глубокими – 23 см на станции 3 вблизи о.Любви. На выходе Монче-губы в открытую часть Большой Имандры (станция 4) концентрации Ni уменьшаются, но остаются достаточно высокими в поверхностном 7-см слое ДО – от 0.5 до 0.9%. Максимальное содержание Ni здесь отмечено на глубине 2-3 см. Фоновые содержания Ni зафиксированы начиная с 20 см ДО. Максимальные скорости осадконакопления отмечаются на акватории около о.Любви вследствие того, что здесь встречаются сильно загрязненные воды комбината «Североникель» и относительно чистые воды из р.Монча. Эти воды отличаются по физико-химическим показателям (рН, минерализация, ионный состав), и как результат смешения различных типов вод происходит лавинная седиментация («маргинальный фильтр» река – море), подобно эстуарным и устьевым акваториям при впадении реки в море или океан, описанная А.П.Лисицыным (2004).

Максимальное содержание Cu было зафиксировано также на станции 3 вблизи о.Любви на глубине 2-3 см (0.85%), в интервале 9-10 см отмечено также повышенное содержание – 0.77% (рис.2). Эти концентрации более чем в 200 раз больше фоновых значений, обнаруженных на глубине более 20 см в колонке станции 4 на выходе Монче-губы в открытую часть Большой Имандры. Наиболее мощная загрязненная медью толща ДО отмечена на станции 3, как и в случае с никелем, мощность ее 15 см. На станциях 1 и 2 глубина наиболее загрязненной толщи меньше – 5 и 8 см соответственно.

В вертикальном распределении Co в ДО станции 3 отмечено три максимума – в интервалах 1-2 см (578 мкг/г), 8-9 см (580 мкг/г), 15-16 см (483 мкг/г). На этой станции загрязненная толща также максимальна – 17 см. На станции 2 в интервале ДО 3-5 см отмечено подобное увеличение содержания Co до 600 мкг/г. Эти максимальные значения Co в 60 раз больше фоновых содержаний, установленных в колонке ДО станции 4 на глубине более 16 см.

Подобная закономерность зафиксирована и в вертикальном распределении Cd, максимальные значения которого, отмеченные в колонках станций 2 и 3 (9.6 мкг/г), более чем в 60 раз превышают фоновые значения, обнаруженные на глубине ДО более 20 см на станции 3 (рис.2).

Среди исследованных металлов Zn показал наименьшее загрязнение: максимальные концентрации в ДО первых 3 станций достигают 340-600 мкг/г (наибольшее содержание в интервале 11-12 см на станции 3), что в 6-10 раз больше фоновых значений в самой глубокой части колонки станции 3 (рис.2).

Одним из загрязняющих ТМ является также Pb, превышение максимальных значений (90 мкг/г в слое 2-4 см станций 2 и 3) которого над фоновыми содержаниями (на глубине более 20 см в колонке ДО станции 3) составляет более 20. Загрязнение ДО Монче-губы связано с выбросами не только комбината «Североникель», но и энергетических предприятий и установок, а также с автомобильными выбросами, так как практически все виды топлива содержат Pb в повышенных количествах. Повышенные относительно фоновых значений концентрации Pb зафиксированы на всех станциях оз.Имандра (Моисеенко и др., 2002).

Донные отложения Монче-губы загрязнены также высокотоксичными халькофильными элементами Hg и As, концентрации которых в поверхностных слоях станций 1 и 2 (эти элементы анализировались только в ДО, отобранных в 2007 г.)

превышают фоновые значения, обнаруженные на глубине более 10 см в обеих колонках, в 10-40 раз (рис.2). Максимальные концентрации Hg и As достигают 3 и 136 мкг/г в слое 1-2 см колонки ДО станции 1. Вероятно, что основным источником поступления этих элементов в Монче-губу является деятельность комбината «Североникель», хотя исключить другие источники нельзя, например, поступление Hg из отработанных неутилизованных ртутных ламп, широко применяемых для освещения промышленных площадей и улиц городов. Так же как и Pb, Hg и As могут поступать в атмосферу и затем в водные объекты с выбросами энергетических предприятий и установок (котельных, ТЭЦ и др.), так как уголь, мазут и другие нефтепродукты содержат повышенные концентрации этих довольно летучих элементов. Согласно исследованиям многих экологов, Hg и As, как и другие халькофильные металлы, являются глобальными загрязняющими элементами окружающей среды Северного полушария, особенно арктической и субарктической зон (Расуна, Расуна, 2001).

**Состав и структура бентосных сообществ.** По данным за 1930 г., средние значения биомассы зообентоса для оз.Имандра в целом составляли 1.1-1.4 г/м<sup>2</sup>, трофический статус водоема по этим показателям соответствовал олиготрофному. Для плеса Большая Имандра значения биомассы были немного ниже и составляли 1.0-1.2 г/м<sup>2</sup> (Крогиус, 1931). В составе бентосных сообществ плеса широко представлены личинки хирономид (44 вида и формы), моллюски (8 видов) и олигохеты (6 видов), встречается реликтовый бокоплав *Monoporeia affinis* (Bousield). Остальные группы бентоса представлены 1-3 видами и встречаются редко (Большие озера ..., 1975, Моисеенко, Яковлев, 1990). На период исследований 1998 г. в бентосе профундальной зоны плеса Большая Имандра доминировали бокоплавы *M. affinis*, которые почти на 60% определяли численность донных животных. Уровень биомассы зообентоса плеса составлял около 13 г/м<sup>2</sup>, согласно «шкале трофности» С.П.Китаева (1984), по значениям биомассы зообентоса плес соответствовал α-эвтрофному водоему (Антропогенные ..., 2002).

Длительное поступление сточных вод комбината «Североникель» в губу Монче привело к преобразованию структуры и количественных показателей бентосных сообществ. По результатам исследований 1978-1987 гг. отмечено, что донная фауна в этом районе характеризовалась небольшим видовым разнообразием, всего было обнаружено 48 видов и форм из 9 систематических групп (Моисеенко, Яковлев, 1990). Наиболее часто встречающимися и разнообразными по составу были хирономиды (41 вид и форма), доминировали *Chironomus* spp., *Procladius (Holotanypus)* spp., *Psectrocladius (Psectrocladius)* spp. и *Sergentia coracina*. Моллюски, пиявки, высшие ракообразные и веснянки в этот период наблюдений в пробах отмечены не были. Олигохеты встречались только вблизи устья р.Монче.

При исследовании сообществ зообентоса губы Монче в 1998 г. в донной фауне верхнего и среднего участков губы было отмечено всего 3 вида хирономид *Protanypus* spp., *Chironomus commutatus* и *Cladopelma lateralis* gr. spp., которые на 100% определяли развитие зообентоса. На выходе из губы были отмечены единичные экземпляры олигохеты *T. tubifex* и только 7 видов хирономид, среди которых 4 вида представляли род *Chironomus*. Численность и биомасса зообентоса увеличивались от верхнего участка к выходу из губы (Антропогенные ..., 2002).

В настоящее время в составе донных биоценозов участков Монче-губы на расстоянии 1-5 км от устья р.Нюдауй зарегистрированы только хирономиды рода *Chironomus*, на долю которых приходилось до 95% от общего количества и массы беспозвоночных, и единичные экземпляры двустворчатых моллюсков сем. Pisidiidae (*Euglesa* sp.) (табл.2).



Таблица 2

Встречаемость беспозвоночных в бентосе различных участков губы Монче

| Группа                   | Монче-2 | Монче-4 | Монче-6 | Монче-8 | Фоновый участок |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Oligochaeta              | -       | +++     | -       | +       | ++              |
| Hirudinea                | -       | -       | -       | ед.     | -               |
| Bivalvia                 | ед.     | ед.     | -       | -       | ++              |
| Chironomidae             | +++     | +++     | ++      | +       | +++             |
| Trichoptera              | -       | -       | +       | +       | +               |
| Hydracarina              | -       | -       | ед.     | -       | -               |
| Amphipoda                | -       | -       | +++     | +++     | ++              |
| Общее кол-во групп       | 2       | 3       | 4       | 5       | 5               |
| Индекс Шеннона, бит/экз. | 0.81    | 1.41    | 0.59    | 0.62    | 1.80            |

ПРИМЕЧАНИЯ: ед. – единично, «+» – 1-10% от общего количества беспозвоночных; «++» – 10-20%; «+++» – более 20%.

По мере удаления от устья р.Нюдуай качественное разнообразие зообентоса возрастает. В бентосных сообществах станций Монче-6 и Монче-8 отмечены личинки ручейников сем. Policentropodidae, пиявки *Erpobdella octoculata* (L, 1758), амфиподы и водные клещи Hydracarina (табл.2). В составе хирономидных комплексов появляются личинки вида *Sergentia coracina* (Zrtt.), доминирующие в глубоководных сообществах, и представители п/с Tanypodinae (*Procladius* sp.).

В зоне влияния стока р.Монча (ст.Монче-4), как и в предыдущие периоды наблюдений, многочисленны олигохеты, на других участках Монче-губы они отсутствуют или редки. Как правило, максимальное развитие олигохет наблюдается на участках с высокой концентрацией биогенных элементов, в то же время на пространственное распределение и плотность этой группы в значительной степени влияют концентрации металлов в донных отложениях. Токсикологические опыты выявили высокую чувствительность олигохет *Tubifex tubifex* и *Spirosperma ferox* к сточным водам медно-никелевого производства (Яковлев, 1986; Моисеенко, Яковлев, 1990). Поступление органического вещества с хозяйственно-бытовыми стоками г.Мончегорска снижает токсичное действие стоков комбината «Североникель» и формирует комплекс условий, благоприятный для развития олигохет на данном участке.

По мере удаления от источника загрязнения удельный вес хирономид снижается и увеличивается доля амфипод, представленных реликтовым бокоплавом *Monoporeia affinis* (Bousfield). В бентосных сообществах ст.Монче-8 амфиподы преобладают, определяя на 90% уровень численности и биомассы зообентоса на этом участке.

Низкие значения индекса видового разнообразия сообществ во всех зонах Монче-губы (табл.2) свидетельствуют как о распространении загрязнения по всей акватории губы, так и об усилении доминантности отдельных видов или групп бентоса. Аналогичные значения индекса Шеннона для этой зоны были получены в 1998 г. и составляли 0.95-1.05 бит/экз. (Антропогенные ..., 2002).

Особый интерес представляет наличие в пробах грунта станции Монче-2 и Монче-4 живых двустворчатых моллюсков *Euglesa* sp. Моллюски-горошинки (Pisidiidae) являются типичными представителями глубоководной фауны. Они высокочувствительны к токсичности среды, в частности загрязнению тяжелыми

металлами (Горкин, 1983; Яковлев, 1999, 2002). В предыдущие годы их регистрировали только на расстоянии более 8 км от источника загрязнения. Объяснение этого явления требует дополнительных исследований, так как может быть обусловлено и проявлением адаптационных возможностей группы, и гидродинамическими процессами.

Общая плотность макрозообентоса на ст. Монче-2 очень низка: численность беспозвоночных составляет 69 экз/м<sup>2</sup>, биомасса – 0.5 г/м<sup>2</sup>. По мере увеличения глубины и удаления от источника загрязнения эти показатели возрастают до 2600 экз/м<sup>2</sup> и 10 г/м<sup>2</sup> (рис.3). В настоящее время по уровню развития зообентоса трофический статус вод губы Монче по мере удаления от устья р.Нюдуай изменяется в направлении олиготрофный (ст.2, 4)→мезотрофный (ст.6)→эвтрофный (ст.8).

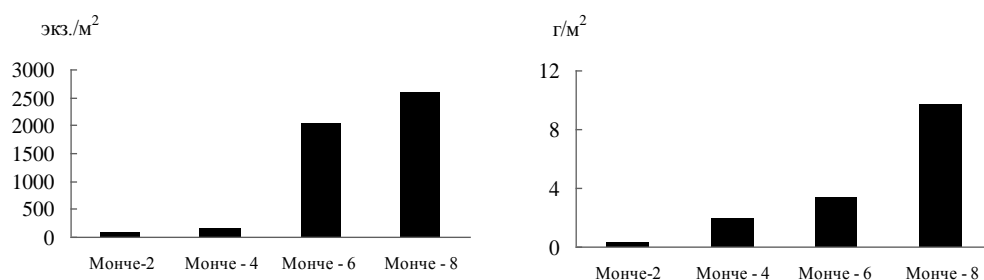


Рис.3. Изменение численности и биомассы зообентоса по мере удаления от устья р.Нюдуай

Для сравнения приводим результаты исследований бентосных сообществ, проведенных в 2010 г. на участках, расположенных в районе Экостровского пролива и острова Йокостров, которые удалены от источника загрязнения. Здесь в составе зообентоса было зарегистрировано 5 систематических групп беспозвоночных – олигохеты, двустворчатые моллюски, хирономиды, ручейники и амфиподы. Количественные показатели бентоса варьировали в широких пределах: численность от 1700 до 7500 экз/м<sup>2</sup>, биомасса от 5 до 70 г/м<sup>2</sup>. В составе пелофильных биоценозов на илистых грунтах доминировали хирономиды. С увеличением в составе грунта доли песка (псаммопелофильные биоценозы) возрастала относительная плотность амфипод *Monoporeia affinis*.

Анализ многолетней динамики структуры макрозообентоса показывает, что за период с 1968 по 2009 гг. структура донных биоценозов наиболее загрязненного участка губы Монче (1-5 км от устья р.Нюдуай) существенно не изменилась. Доминируют в составе фауны на протяжении всего периода наблюдений хирономиды рода *Chironomus*, устойчивые к токсическому загрязнению, широко распространенные и многочисленные в биотопах, загрязняемых тяжелыми металлами (Антропогенные ..., 2002; Яковлев, 2002; Mousavi et al., 2003).

В то же время наблюдается устойчивая тенденция сокращения плотности макрозообентоса на этом участке. В 1968 г. численность бентоса составляла 493 экз/м<sup>2</sup>, биомасса – 8.0 г/м<sup>2</sup>, в 1978-1985 гг. эти показатели достигали 1546 экз/м<sup>2</sup> и 8.8 г/м<sup>2</sup> (Исследование изменений ..., 1985), в 1998 г. снизились до 300-400 экз/м<sup>2</sup> и 0.4-4 г/м<sup>2</sup> (Антропогенные ..., 2002), а в 2009 г. численность бентоса не превышала 140 экз/м<sup>2</sup>, биомасса – 2 г/м<sup>2</sup> (рис.4).

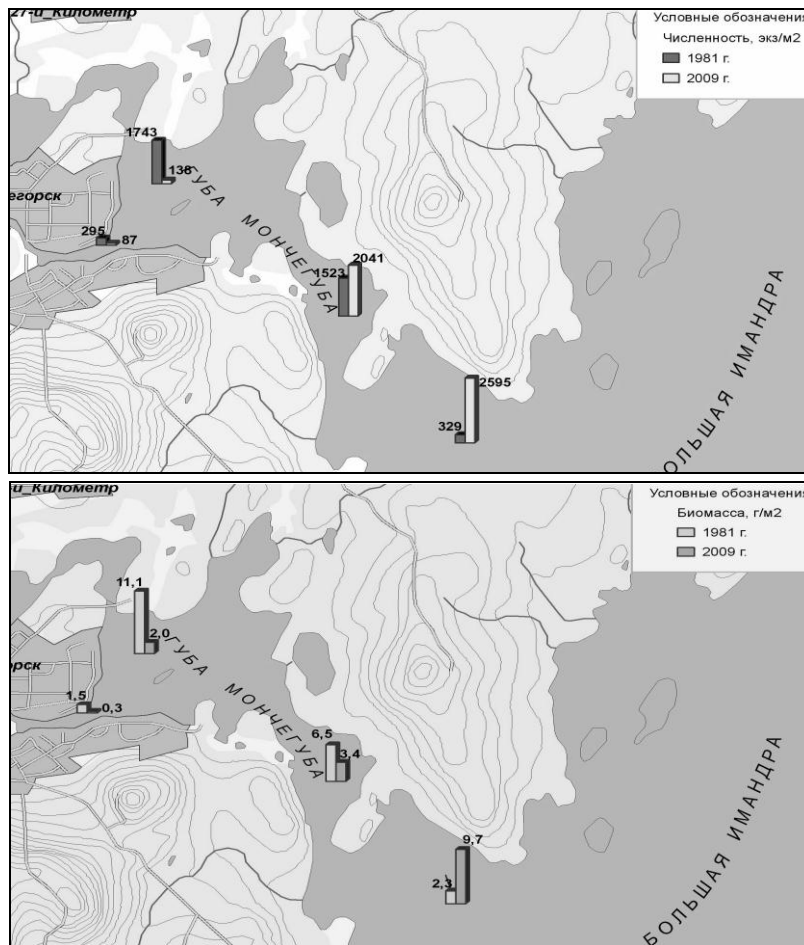


Рис.4. Численность и биомасса зообентоса на разных участках Монче-губы в 1981 и 2009 гг.

Высокие концентрации тяжелых металлов в поверхностных слоях донных отложений оказывают прямое токсическое воздействие на бентосные организмы. Показано, что воздействие тяжелых металлов вызывает как ненаследуемые, так и генетически наследуемые нарушения в развитии хирономид (Антропогенные ..., 2002), что может негативно отражаться на плотности донных биоценозов, которая в этой зоне формируется преимущественно личинками хирономид. Кроме того, уровень численности и биомассы зообентоса на этом участке Монче-губы подвержен значительным колебаниям, которые обусловлены антропогенным воздействием. Неоднократно отмечено, что залповые сбросы сточных вод комбината «Североникель» приводят к тотальной гибели бентосных сообществ в зоне сброса (Моисеенко, Яковлев, 1990; Яковлев, 2005; Моисеенко, 2009). Таким образом, в условиях высокой загрязненности водной среды и донных отложений тяжелыми металлами сформировались неустойчивые бентосные сообщества, характеризующиеся крайне низким разнообразием, плотностью и монодоминантной структурой.

Для бентосных сообществ на выходе из Монче-губы (на расстоянии 8-10 км от источника загрязнения) в настоящее время наблюдается возрастание количественных показателей и разнообразия, сохраняется тенденция к увеличению доли бокоплавов в составе донных биоценозов (рис.4, 5) (Антропогенные ..., 2002).

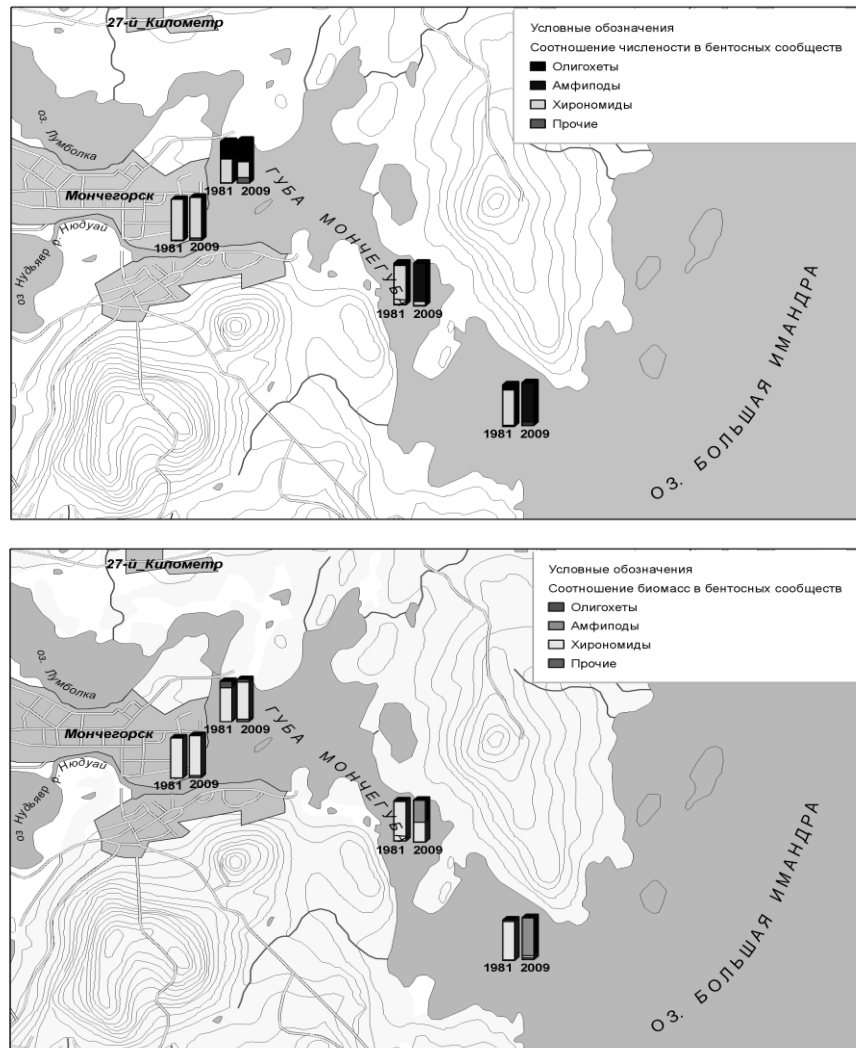


Рис.5. Структура бентосных сообществ в разных зонах Монче-губы в 1981 и 2009 гг.

Раннее обильное развитие этой группы было отмечено на открытых участках северных и южных районов плеса Большая Имандра, которые удалены от зон, испытывающих непосредственное антропогенное воздействие (Ильяшук, 2002). Сточные воды комбината «Североникель» оказывают сильное токсическое действие на амфипод (Яковлев, 2002). Уже на начальном этапе загрязнения Монче-губы была отмечена тенденция к сокращению численности этой группы, а с 1968 г. бокоплавов в донных биоценозах Монче-губы не регистрировали. В 1996 г. впервые после 30-летнего отсутствия бокоплавов были обнаружены у выхода из Монче-губы в открытый плес (на расстоянии >10 км от устья р.Нюдауй) (Ильяшук, 2002; Яковлев, 2005). За прошедшие 13 лет численность этой группы возросла от 129 экз/м<sup>2</sup> в 1996 г. до 2350 экз/м<sup>2</sup> в 2009 г. В 2009 г. амфиподы были отмечены на расстоянии 5-6 км от источника загрязнения (ст.Монче-6), что ранее не наблюдалось. Уровень численности и биомассы *M. affinis* в этой точке достигал 1816 экз/м<sup>2</sup> и 1.8 г/м<sup>2</sup> соответственно, что сопоставимо со средними значениями, зарегистрированными для донных биоценозов плеса Большая Имандра, – 1780 экз/м<sup>2</sup> и 2.4 г/м<sup>2</sup> (Антропогенные ..., 2002).

Таким образом, в настоящее время наблюдается реколонизация амфиподами *M. affinis* прежних местообитаний в пределах Монче-губы. В структуре донных биоценозов этого участка бокоплавы являются доминантами, что характерно для глубоководных зон плеса Большая Имандра, удаленных от источника загрязнения, и может свидетельствовать об улучшении условий обитания для донных животных. Вероятно, это обусловлено рядом причин: сокращением объемов сточных вод комбината «Североникель» и снижением концентрации ТМ в их составе, а также морфометрическими особенностями Монче-губы.

## Заключение

Химический состав поверхностных вод в исследуемом районе в основном определяется атмосферным выпадением, поступлением сточных вод комбината «Североникель» и хозяйственно-бытовых стоков г.Мончегорска. В настоящее время вода в губе Монче по кислотности «нормальная». По классификации О.А.Алекина (1970) в подледный период вода поверхностного горизонта соответствует классу гидрокарбонатов и группе кальция, придонных горизонтов – классу сульфатов и группе натрия. В летний период вода в губе Монче соответствует классу сульфатов и группе натрия. Концентрации всех макрокомпонентов, фосфора и азота выше соответствующих нормативов. Значение перманганатной окисляемости в пределах нормы. Концентрации большинства тяжелых металлов и других неорганических загрязнителей ниже ПДК. Исключение составляют концентрации Cu, Ni и Al, повсеместно превышающие ПДК, что является результатом аэротехногенного переноса и поступлением сточных вод с предприятий «Североникеля».

Загрязнение Монче-губы выбросами и стоками комбината «Североникель» проявляется в значительном увеличении концентраций ТМ в поверхностных слоях ДО по сравнению с фоновыми содержаниями, установленными в самых глубоких слоях колонок ДО. Концентрации Ni в поверхностных слоях ДО Монче-губы максимальны по сравнению с другими акваториями оз.Имандра и более чем в 1000 раз превышают содержания в фоновых слоях, Cu – в 200 раз, Co – в 50-60 раз, Zn – в 6-10 раз, Cd – в 40-60 раз, Pb – в 20 раз, As – в 20-40 раз, Hg – в 10-40 раз. Халькофильные элементы Pb, Cd, Hg и As могут поступать в Монче-губу также из других источников, например, с выбросами энергетических предприятий и установок, со свалок бытового и промышленного мусора, из неутилизованных отработанных ртутных ламп и т.д.

В настоящее время можно отметить следующие закономерности распределения бентоса по акватории Монче-губы. В верхней части губы (участок 0-5 км от устья р.Нюдуай) наблюдается ярко выраженная деградация донных биоценозов. Основным фактором, определяющим структурно-функциональную организацию бентосных сообществ на этом участке, является уровень загрязнения среды стоками медно-никелевого производства. По направлению к выходу из Монче-губы формируется комплекс условий, более благоприятный для обитания донных организмов. Возрастает качественное разнообразие и количественные показатели зообентоса, при этом структура сообществ остается монодоминантной, однако количественное преобладание хирономид в зоне сильного загрязнения сменяется доминированием амфипод в менее загрязненных участках. Бентосные сообщества на расстоянии более 10 км от источника загрязнения имеют структуру, характерную для биоценозов профундальной зоны плеса Большая Имандра. Отмеченные тенденции свидетельствуют об улучшении качества вод и восстановлении благоприятных условий обитания на отдельных участках Монче-губы.

## Литература

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- Антропогенные модификации озера Имандра / под ред. Т.И.Моисеенко. М.: Наука, 2002. 403 с.
- Большие озера Кольского полуострова / под ред. Л.Ф.Форш, В.Г.Драбковой. Л.: Наука, 1975. 350 с.
- Горкин И.Н. Рыбы и бентос как индикатор загрязнений речных и эстуарных экосистем лососевых рек тяжелыми металлами // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. М.: Наука, 1983. С. 68-79.
- Даувальтер В.А. Закономерности осадконакопления в водных объектах Европейской Субарктики (природоохранные аспекты проблемы): автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2000. 52 с.
- Даувальтер В.А. Исследование физического и химического состава донных отложений при оценке экологического состояния водоемов. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. 84 с.
- Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2008 г. Мурманск: Кн. изд-во, 2009. 152 с.
- Дольник Т.В. Зоопланктон и зообентос озера // Комплексное изучение и охрана оз.Имандра. Апатиты, 1972. С. 151-167.
- Ильяшук Б.П. Реликтовые ракообразные в условиях длительного загрязнения субарктического оз. Имандра (результаты наблюдений за период 1930-1998 гг.) // Экология. 2002. № 3. С. 215-219.
- Исследование техногенных изменений химического состава и биоценозов водоемов Кольского Севера: отчет о НИР (заключит.): 3-78-0718 / рук. В.В.Крючков; исполн.: В.В.Чижиков, Т.И.Моисеенко. Апатиты, 1980. 244 с.
- Исследование изменений физико-химического состава водных масс и гидробиоценозов водоемов Кольского Севера: отчет о НИР / Рук. В.В.Крючков; исполн.: В.В.Чижиков, Т.И.Моисеенко. Апатиты, 1985. Кн.1. 187 с.
- Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон. М.: Наука, 1984. 309 с.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
- Крогиус Ф.В. Предварительный отчет о работе экспедиции на Умбозере и Имандре летом 1930 г. // Изв. Ленингр. научн.-исслед. ихтиол. ин-та. 1931. Т.13, вып.1. С. 45-61.
- Лисицын А.П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. 2004. Т.45, № 1. С. 15-48.
- Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 277 с.
- Моисеенко Т.И. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера / Т.И.Моисеенко, В.А.Яковлев. Л.: Наука, 1990. 220 с.
- Моисеенко Т.И. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера) / Т.И.Моисеенко и др. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 263 с.
- Моисеенко Т.И. Антропогенные модификации озера Имандра / Т.И.Моисеенко и др. М.: Наука, 2002. 487 с.
- Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты / Т.И. Моисеенко; Ин-т водных проблем РАН. М.: Наука, 2009. 400 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / отв. ред. Л.А.Кутикова, Я.И.Старобогатов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.

Рихтер Г.Д. Физико-географический очерк озера Имандра и его бассейна. Л.: Гостехтеориздат, 1934. 144 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / отв. ред. В.А.Абакумов и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Яковлев В.А. Влияние на зообентос субарктического водоема антропогенных факторов (на примере озера Имандра): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1986. 18 с.

Яковлев В.А. Оценка многолетних изменений в развитии и структуре зоопланктона и зообентоса крупного субарктического водоема (на примере оз.Имандра) // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского Севера. Апатиты, 1995. С. 89-104.

Яковлев В.А. Изменение структуры зообентоса северо-восточной Фенноскандии под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. ... докт. наук. СПб., 1999. 49 с.

Яковлев В.А. Воздействие тяжелых металлов на пресноводный зообентос. Ч.2: Последствия для сообществ // Экол. химия. 2002. № 11(2). С. 117-132.

Яковлев В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. Ч.1. 161 с.; Ч.2. 145 с.

Horowitz A. Effect of mining and related activities on the sediment trace element geochemistry of lake Coeur d'Alene, Idaho, USA. Part I: Surface sediments / A.Horowitz et al. // Hydrological Processes. 1993. Vol.7. P. 403-423.

Horowitz A. Effect of mining and related activities on the sediment trace element geochemistry of lake Coeur d'Alene, Idaho, USA. Part II: Subsurface sediments / A.Horowitz et al.// Hydrological Processes. 1995. Vol.9. P. 35-54.

Pacyna J.M. An assessment of global and regional emissions of trace elements to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide / J.M.Pacyna, E.G.Pacyna // Environ. Rev. 2001. Vol.4. P. 269-298.

#### *Сведения об авторах*

##### **Валькова Светлана Александровна,**

кандидат биологических наук, научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

##### **Кашулин Николай Александрович,**

доктор биологических наук, заведующий лабораторией «Водные экосистемы» Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

##### **Даувальтер Владимир Андреевич,**

доктор географических наук, главный научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

##### **Сандимиров Сергей Степанович,**

кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Valkova Svetlana Alexandrovna,**  
PhD(Bio), Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences

**Kashulin Nickolay Alexandrovich,**  
Dr.Sc.(Bio), Head of the Water Ecosystem Laboratory of Institute of North Industrial Ecology  
Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Dauvalter Vladimir Andreyevich,**  
Dr.Sc.(Geo), Leading Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola  
Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Sandimirov Sergey Stepanovich,**  
PhD(Geo), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola  
Science Centre, Russian Academy of Sciences

УДК 574.58

**О.П.Стерлигова, С.П.Китаев, Н.В.Ильмаст**

## **СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

### **Аннотация**

Рассматривается возможность использования водоемов северной части Карелии в качестве объектов для товарного выращивания радужной форели. Дается анализ природных особенностей озер, оценен биоресурсный потенциал водоемов и допустимые объемы выращивания рыб. Установлено, что объемы производства товарной форели в садках в исследованных озерах могут варьировать от 15 до 1500 т в год и определяются лимнологическими показателями водоемов.

### **Ключевые слова:**

*садковое рыбоводство, рациональное природопользование, биоресурсный потенциал.*

**O.P.Sterligova, S.P.Kitaev, N.V.Ilmast**

## **THE STATE OF SOME NORTH KARELIA LAKES AND THEIR USING FOR COMMODITY PRODUCTION OF RAINBOW TROUT**

### **Abstract**

The North Karelia waterbodies are considered to be used as the reservoirs for commodity cultivation of rainbow trout. The analysis of natural particularities of the lakes is given. The bioresource potential of the waterbodies and admissible volume of fish cultivation are estimated. It is established that the production volume of commodity trout in the fish ponds in the studied lakes varies from 15 to 1500 t per year and can be defined by limnological indicators of the waterbodies.

### **Key words:**

*fish breeding, rational environmental management, bioresource potential.*

### **Введение**

В настоящее время технический прогресс к традиционным проблемам изучения состояния внутренних водоемов добавляет новые, связанные, прежде всего, с обеспечением растущих потребностей в чистой воде и рыбной продукции. Поэтому необходимо выявление показателей, характеризующих устойчивое состояние водных экосистем. К таким показателям следует отнести видовой состав, величины численности, биомассы, продукции популяций и сообществ организмов. Вся система наблюдений должна быть направлена на оценку запасов водных биоресурсов, на разработку рекомендаций по увеличению рыбопродуктивности озер и охране окружающей среды.



Сокращение запасов и резкое падение промысла ценных видов рыб привели к интенсификации работ, направленных на интродукцию промысловых объектов и разработку биотехники культивирования различных организмов. За последние 40 лет в рыбохозяйственной отрасли большое значение приобретает аквакультура (Рыжков, 2008). Одним из перспективных направлений аквакультуры является садковое рыбоводство, в Карелии это выращивание радужной форели. Производством радужной форели в республике начали заниматься в 1980-е годы, и к настоящему времени объемы на 47 форелевых хозяйствах на внутренних водоемах достигли 13 тыс. т (данные Общества форелеводов РК). Таким образом, Карелия является лидером в России по выращиванию радужной форели в садках. Форелеводческие комплексы расположены в основном в пресноводных водоемах в южной части Карелии, и остро стоит вопрос об их строительстве в средней и северной части республики, в том числе и на акватории Белого моря.

Цель исследований – изучить современное состояние водоемов Лоухского района Республики Карелия и определить допустимые объемы выращивания в них радужной форели.

### **Основные результаты**

Для исследования выбраны водоемы, расположенные в северной части Карелии: Тикшезеро, Керетьзеро, Лоухское озеро, Энгозеро, Таваярви, Тироярви, Топо-Пяозерское. Все эти озера ледниково-тектонического происхождения и относятся к бассейну Белого моря, но при этом имеют разную антропогенную нагрузку и трофический уровень. Характеристики озер представлены в табл.1. По площади изучаемые озера (по классификации П.В.Иванова (1948) и И.С. Захаренкова (1964)) делятся на малые – до 100 км<sup>2</sup>, (Лоухское, Таваярви, Тироярви), средние – до 1000 км<sup>2</sup> (Тикшезеро, Керетьзеро, Энгозеро) и большие – более 1000 км<sup>2</sup> (Топо-Пяозерское водохранилище). Озера значительно отличаются по глубинам. Средняя глубина водоемов колеблется от 3.1 (Лоухское) до 8.0 м (Тикшезеро). Самое глубокое – Топо-Пяозерское водохранилище с максимальной глубиной более 50 м и средней – 15-17 м. Удельный водосбор колеблется от 4.7 (Тироярви) до 11.6 (Энгозеро) и показатель условного водообмена – от 0.07 (Топозеро) до 0.85 (Лоухское озеро). Прозрачность северных озер Карелии выше, чем средней и южной части Карелии, и составляет 2.0-7.4 м (Озера Карелии, 1959). Показатель рН для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов должен быть в пределах 6.5-8.5, что и отмечено для всех изучаемых озер. По величине общей минерализации исследуемые водоемы относятся к группе до 50 мг/л (18-25 мг/л), по перманганатной окисляемости принадлежат к классу вод – олигогумозных. По содержанию фосфора и азота озера можно отнести к олиготрофным (Баранов, 1962; Китаев, 2007).

Гидробионты, куда относятся обитатели зоопланктона и зообентоса, первыми откликаются на изменение условий обитания и поэтому служат важным показателем для мониторинга за качеством воды. По биомассе зоопланктона – менее 1.0 г/м<sup>3</sup> и зообентоса – 0.22-1.25 г/м<sup>2</sup> озера можно отнести также к олиготрофным (Китаев, 2007).

*Таблица 1*

Основные гидрологические показатели исследуемых водоемов Карелии  
(Озера Карелии, 1959; Каталог ..., 1959; Современное состояние ..., 1998; Китаев, 2007)

| Показатели  | Тикш-езеро | Кереть-озеро | Лоухское | Энгозеро | Таваярви | Тироярви | Топо-Пяозерское водохранилище |
|---|------------|--------------|----------|----------|----------|----------|-------------------------------|
| Северная широта                                       | 66°15'     | 65°52'       | 66°25'   | 65°45'   | 66°21'   | 65°36'   | 65°40'/66°05'                 |
| Восточная долгота                                     | 31°50'     | 32°58'       | 33°20'   | 33°35'   | 30°10'   | 30°50'   | 32°05'/30°55'                 |
| Площадь водосбора, замыкаемая озером, км <sup>2</sup> | 1055       | 1339         | 539      | 1389     | 235      | 67.5     | 3549/12962                    |
| Удельный водосбор                                     | 4.8        | 5.9          | 8.4      | 11.6     | 6.5      | 4.7      | 3.7/16.8                      |
| Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>           | 208.8      | 227.3        | 64.3     | 119.6    | 36.4     | 14.4     | 960/772                       |
| Средняя глубина, м                                    | 8.0        | 4.5          | 3.1      | 4.5      | 3.6      | 4.9      | 15.2/17.4                     |
| Максимальная глубина, м                               | 40         | 26           | -        | 18       | -        | -        | 56/49                         |
| Прозрачность, м                                       | 5-7        | 3.0-3.5      | -        | 1.8-2.5  | -        | -        | 7.4/5.7                       |
| Показатель условного водообмена                       | 0.19       | 0.41         | 0.85     | 0.81     | 0.56     | 0.30     | 0.07/0.34                     |
| Отношение прозрачности к средней глубине              | 0.75       | 0.71         | -        | 0.45     | -        | -        | 0.47/0.37                     |
| Среднегод. расход воды из истока, м <sup>3</sup> /сек | 11.8       | 11.7         | 4.7      | 5.6      | 2.5      | 0.8      | 31/128                        |
| Показатель стока, л/сек/га                            | 0.53       | 0.51         | 0.73     | 0.46     | 0.69     | 0.54     | 0.32/1.66                     |

### Ихтиофауна и рыболовство

Наибольшее число видов рыб отмечено для Топо-Пяозерского водохранилища – 15, в Керетьозере – 14, в Энгозере – 13, в Тикшезере – 12, в Тироярви и Таваярви – 8 (табл.2). Преобладающими видами в большинстве озер являются ряпушка, сиг, плотва, щука, окунь, налим, корюшка, девятииглая колюшка (Озера Карелии, 1959). Ценные виды (кумжа) отмечены для Тикшезера, Керетьозера и Топо-Пяозерского водохранилища (голец).

Промысловое рыболовство в XX веке существовало на Энгозере, Керетьозере, Тикшезере, Топозере и Пяозере (Озера Карелии, 1959). Энгозеро относилось к ряпушково-сиговому водоему. В настоящее время промысловые возможности озера ограничены в силу чрезвычайно большой его засоренности отходами лесосплава. Отдельные участки стали непригодны для лова (Печная губа, Морозова губа, Сууриниемискайне). Из 245 мест неводных притонений только 147 могут быть использованы, остальные засорены топьями, древесной корой. Возможный вылов по озеру определен в 10 т в год.

Таблица 2

## Состав рыбного населения исследуемых озер

| Семейство и вид                                       | Тикше-<br>зеро | Кереть-<br>озеро | Лоух-<br>ское | Энго-<br>зеро | Тава-<br>ярви | Тиро-<br>ярви | Топо-Пяозер-<br>ское водо-<br>хранилище |
|---|----------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---|
| Сем. Salmonidae – лососевые                           |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Salvelinus lepechini</i> (G.) – голец              | -              | -                |               | -             | -             | -             | +                                       |
| <i>Salmo trutta</i> L. – кумжа                        | +              | +                |               | -             | -             | -             | +                                       |
| Сем. Coregonidae – сиговые                            |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Coregonus albula</i> (L.) – ряпушка                | +              | +                | +             | +             | -             | -             | +                                       |
| <i>C. lavaretus lavaretus</i> (L.) – сиг              | +              | +                | +             | +             | -             | -             | +                                       |
| Сем. Thymallus – хариусовые                           |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Thymallus thymallus</i> (L.) – хариус              | -              | -                | -             | -             | -             | -             | +                                       |
| Сем. Osmeridae – корюшковые                           |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Osmerus eperlanus</i> (L.) – корюшка               | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| Сем. Esocidae – щуковые                               |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Esox lucius</i> L. – обыкновенная щука             | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| Сем. Cyprinidae – карповые                            |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>A. brama</i> (L.) – лещ                            | -              | +                | +             | +             | -             | -             | +                                       |
| <i>Alburnus alburnus</i> (L.) – уклейка               | -              | +                | +             | -             | -             | -             | -                                       |
| <i>L. idus</i> (L.) – язь                             | +              | +                | +             | +             | -             | -             | -                                       |
| <i>L. leuciscus</i> (L.) – обыкновенный елец          | -              | -                | -             | -             | -             | -             | -                                       |
| <i>Phoxinus phoxinus</i> (L.) – гольян                | -              | -                | -             | -             | -             | -             | +                                       |
| <i>Rutilus rutilus</i> (L.) – плотва                  | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| Сем. Lotidae – налимовые                              |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Lota lota</i> (L.) – налим                         | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| Сем. Gasterosteidae – колюшковые                      |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Pungitius pungitius</i> (L.) – девятииглая колюшка | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| Сем. Percidae – окуневые                              |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.) – ерш               | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| <i>Perca fluviatilis</i> L. – речной окунь            | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| <i>Stizostedion lucioperca</i> (L.) – судак*          | -              | -                | -             | +             | -             | -             | -                                       |
| Сем. Cottidae – рогатковые                            |                |                  |               |               |               |               |   |
| <i>Cottus gobio</i> L. – подкаменщик                  | +              | +                | +             | +             | +             | +             | +                                       |
| Всего   | 12             | 14               | 13            | 13            | 8             | 8             | 15                                      |

\* Интродуцированный вид.

Керетьозеро является окунево-плотвичным водоемом со значительными запасами ряпушки. Промышленный лов существовал до 1990-х гг. В настоящее время водоем облавливается рыбаками-любителями. Водоем очень продуктивный. При широком развитии промысла в озере можно вылавливать до 150-200 т рыбы.

В Тикшезере в отдельные годы промыслом занималась бригада рыбаков Кестеньгского рыбозавода. В настоящее время промышленный лов на водоеме не ведется. Возможные уловы оцениваются в 75-90 т в год. Летние скопления окуня и плотвы обнаружены в заливе Екилакши и губе Кокорной. Осенние концентрации сига и ряпушки находятся в заливах Харвелакши, Тойболгубе, Пимеяпохья, Стариковой губе, Левеалакши и около островов в северо-восточной части озера. Восточная часть сильно засорена топьяками и корой, необходима мелиорация.

Топо-Пяозерское водохранилище представляет собой ценный в рыбохозяйственном отношении водоем. В озерный период существования (1950-1965 гг.) общий вылов рыбы в Пяозере и Топозере составлял в среднем 216 т, или 6% (3-11 %) от общих уловов во внутренних водоемах Карелии. При образовании водохранилища эта величина достигла 350 т, или 10% (4-18%) (по данным предприятия «Карелрыбвода»). Самой ценной рыбой является голец, уловы которого могут достигать 3 т в год. Негативную роль играют значительные сбросы воды в зимний период, что приводит к промерзанию части нерестилищ гольца, расположенных на небольших глубинах. С начала 1980 гг. голец является объектом искусственного разведения на водохранилище. Его производители отлавливаются на Топозерском плесе. Собранная икра инкубируется на лососевом заводе, и молодь выпускается снова в материнский водоем. Ежегодно собирается около 100 тыс. шт. икры. Однако существенного влияния эти работы на увеличение численности гольца в водоеме пока не оказали, как это произошло в Ладожском озере (Китаев, Стерлигова, 2005). В середине 1990-х гг. организованный промысел по причине экономических трудностей почти прекратил свое существование, фиксированная добыча рыбы оказалась менее 10 т в год. В настоящее время рыбодобычей занимаются частные предприниматели и рыбаки-любители. Остальные исследуемые водоемы используются для любительского рыболовства.

Рыбопродуктивность озер складывается из взаимодействия популяций разных видов рыб, среды их обитания и формы хозяйства на водоеме. Форма организации рыбного хозяйства является важным фактором, с помощью которого может быть достигнуто направленное изменение условий жизни рыб, соотношение отдельных видов в рыбной части сообщества и состояние их запасов (Никольский, 1974). Максимальный промысловый вылов отмечен для Керетьзера – 6-8 кг с 1 га площади озера, что выше, чем в южных водоемах Карелии, в Тикшезере – 3-4 кг/га, в Топо-Пяозерском водохранилище – 1.5-2 кг/га. На остальных озерах вылов составляет около 2-3 кг/га в год (табл.3). Отсутствие хорошо поставленного учета добытой рыбы сильно затрудняет выяснение вопроса о количестве получаемой продукции, и поэтому мы использовали расчетные данные, анализ которых их данных показал, что наибольшая ихтиомасса – 55 кг/га и рыбопродуктивность 12-16 кг/га отмечена для Керетьзера, на других озерах показатели колеблются от 34 до 40 и 2-3 кг/га соответственно. Перед нами стояла задача определить пригодность северных водоемов для выращивания радужной форели в садках без ущерба для водных экосистем (табл.3). Расчеты по объему производства радужной форели были выполнены разными способами (Китаев и др., 2006). В табл.3 приведены расчетные теоретические данные при условии, что лимнологические показатели позволят организовать садковое хозяйство. Анализ результатов показал, что два озера – Таваярви и Тироярви – являются мало рентабельными для рыбоводства, так как в них можно выращивать в год 50 и 15 т форели соответственно. В Топо-Пяозерском водохранилище, в связи с большими площадями, можно выращивать форели от 600 до 1500 т в год.

Таблица 3

## Гидробиологическая характеристика исследуемых озер Карелии

| Показатели  | Тикше-<br>зеро | Кереть-<br>озеро | Лоух-<br>ское | Энго-<br>зеро | Тавая-<br>рви | Тиро-<br>ярви | Топо-Пяозер-<br>ское водо-<br>хранилище |
|---|----------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---|
| Первичная продук-<br>ция, гС/м <sup>2</sup> год         | -              | -                | -             | -             | -             | -             | 28-29                                   |
| Зоопланктон, г/м <sup>3</sup>                           | 1.0-1.2        | 1.0-1.5          | 0.3-0.8       | 0.5-0.9       | 0.5-0.9       | 0.4-0.7       | 0.6                                     |
| Бентос, г/м <sup>2</sup>                                | 0.36           | 0.8              | 0.6           | 0.42          | -             | -             | 1.25                                    |
| Ихтиомасса, кг/га                                       | 40             | 55               | 40            | 40            | 40            | 40            | 34                                      |
| Рыбопродукция, кг/га                                    | 6-8            | 12-16            | 6-9           | 6-9           | 6-9           | 6-9           | 5.9-6.3                                 |
| Максимально про-<br>мысловый вылов,<br>кг/га в год      | 3-4            | 6-8              | 2-3           | 2-3           | 2-3           | 2-3           | 1.2-1.3                                 |
| Предельные объемы<br>выращивания форели<br>садах, т/год | 234            | 232              | 94            | 110           | 50            | 15            | 614/1564                                |

**Заключение**

Таким образом, в результате выполненных работ определен биоресурсный потенциал (с точки зрения рационального использования) семи водоемов Лоухского района Республики Карелия. К ним относятся: Тикшезеро, Керетьозеро, Лоухское озеро, Энгозеро, Таваярви, Тироярви, Топо-Пяозерское водохранилище. Определено, что данные водные экосистемы пригодны для товарного рыбоводства. Однако предельные объемы производства товарной форели в садках без причинения вреда для водопользователей в них колеблются от 15 до 1500 т в год и зависят от лимнологических показателей водоемов.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы РАН «Биологическое разнообразие», ФЦП Гос. контракты № 02.740.11.0700 и П№1299.

**Литература**

- Баранов И.В. Лимнологические типы озер СССР. Л.: Наука, 1962. 266 с.
- Захаренков И.С. О лимнологической классификации озер Белоруссии // Биологические основы рыбного хозяйства на внутренних водоемах Прибалтики. Минск, 1964. С. 175-176.
- Иванов П.В. Классификация озер по величине и по их средней глубине // Бюл. ЛГУ. 1948. № 21. С. 29-36.
- Каталог озер и рек Карелии / под ред. С.В.Григорьева, Г.Л.Грицевской. М.-Л., 1959. 240 с.
- Китаев С.П. Стерлигова О.П. Воздействие форелевых комплексов на озерно-речные системы Карелии / С.П.Китаев, О.П.Стерлигова // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: тез. докл. Междунар. конф. (Вологда, 5-10 декабря 2005 г.). Вологда, 2005. С. 28-34.
- Китаев С.П. Методы оценки биогенной нагрузки от форелевых ферм на водные экосистемы / С.П.Китаев, Н.В.Ильмаст, О.П.Стерлигова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 40 с.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
- Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб. М.: Наука, 1974. 447 с.
- Озера Карелии. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1959. 619 с.

Рыжков Л.П. Садковая аквакультура – программа действий // Садковое рыбоводство. Технология выращивания. Кормление рыб и сохранение их здоровья: тез. науч. конф. (Петрозаводск, 14-17 октября 2007 г.). Петрозаводск, 2008. С. 3-6.

Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. 188 с.

#### *Сведения об авторах*

**Стерлигова Ольга Павловна,**

доктор биологических наук, заведующая лабораторией экологии рыб и водных беспозвоночных Института биологии Карельского научного центра РАН

**Китаев Станислав Петрович,**

доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института биологии Карельского научного центра РАН

**Ильмаст Николай Викторович,**

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института биологии Карельского научного центра РАН

**Sterligova Olga Pavlovna,**

Dr.Sc.(Bio), Head of the Laboratory of Fish and Water Invertebrates Ecology, Institute of Biology, Karelian Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Kitaev Stanislav Petrovich,**

Dr.Sc.(Bio), Leading Research Fellow of Institute of Biology, Karelian Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Iľmast Nickolay Viktorovich,**

PhD(Bio), Leading Research Fellow of Institute of Biology, Karelian Science Centre, Russian Academy of Sciences

УДК 502.150.4

**С.А.Горбачев**

### **ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ВОДНЫМ БИОРЕСУРСАМ**

#### **Аннотация**

Проведен критический анализ методов и механизмов расчета ущерба биологическим ресурсам водных экосистем в условиях современной природоохранной политики. Рассмотрено несовершенство разработанных в советский период существующих подходов к оценке ущерба. Предложены рекомендации к улучшению существующей системы оценки ущерба биологическим ресурсам с учетом эколого-экономических особенностей водоемов.

#### **Ключевые слова:**

*оценка ущерба, система нормирования, биоресурсы.*

**S.A.Gorbachev**

### **QUESTIONS OF ASSESSMENT OF WATER BIORESOURCES DAMAGE**

#### **Abstract**

The critical analysis of methods and mechanisms of water ecosystems bioresources damage under the current environmental conditions policy is carried out. The imperfection of the existing assessment methods, developed in the Soviet period is shown. Recommendations to improvement of the existing system are given with allowance for ecological and economic peculiarities of the lakes.

#### **Key words:**

*damage assessment, system of regulation, bioresources.*

В 2005 г. в Москве была проведена Всероссийская конференция «Государственная экологическая политика на новом этапе экономических преобразований». На конференции отмечено среди факторов, создающих трудности в решении экологических проблем страны, также несовершенство правовых, административных и экономических механизмов, компенсирующих экологический вред от хозяйственной деятельности и стимулирующих перевод российской промышленности и транспорта на экологически чистые энерго- и ресурсосберегающие технологии и производство экологически безопасной продукции, соответствующей международным стандартам.

В Бюджетном послании Президента РФ Федеральному собранию в 2006 г. поставлена задача серьезной переработки системы платежей за негативное воздействие на природную среду. Новая система платежей должна исключить возможность принятия индивидуальных решений по размерам платежей для каждого плательщика и стимулировать переход на современные энергоэффективные технологии производства. Размер платежей должен быть адекватен реальной стоимости природных ресурсов на государственном уровне.

Практика экологической экспертизы в сфере рыбного хозяйства использует более десятка нормативно-методических и множество документов рекомендательного характера, разработанных и утвержденных ведомствами в советский период. Абсолютное большинство не проходило регистрацию в Минюсте России, слабо соответствует современному природоохранному законодательству и уровню экологических знаний, следовательно, теряет возможность правоприменения.

Принятый в 2004 г. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» по существу не изменил устаревший неадекватный порядок проведения и методологию рыбохозяйственной экспертизы.

Достаточно большой опыт (1981-2010 гг.) по оценке влияния на водные биоресурсы строительства и эксплуатации различных хозяйственных объектов и производства работ на водоемах Европейского Севера, Северо-Запада предопределил попытку обсудить ряд вопросов с надеждой на последующие новации.

Современное состояние водных экосистем и их биоресурсы формируются в условиях взаимодействия разнообразных природных и техногенных факторов. В наиболее хозяйственно освоенных и урбанизированных районах техногенный фон неуклонно замещает природные образования. Тем самым ухудшаются, сокращаются и даже полностью уничтожаются места обитания и нарушаются условия воспроизводства разных видов биоты. Обобщая многолетний опыт работы в области рыбохозяйственной экспертизы, можно считать, что наибольший ущерб водным биоресурсам на Европейском Севере России причиняется факторами, связанными с загрязнением природной среды (в среднем не менее 55%, включая аэрогенное загрязнение и ливневый сток), гидро- и тепловой энергетикой (15-20%) и всеми видами транспорта с его инфраструктурой – дорожная сеть и судоходные трассы, путепроводы, портовое хозяйство и предприятия, подвижной состав (не менее 15%).

Изменения в развитии производительных сил в регионе, внедрение новых технологий генерируют возникновение дополнительных факторов, перераспределяя их экологическую значимость в общем техногенном воздействии на природную среду и ее биоресурсы. Так, постепенно ушли в прошлое факторы, связанные с лесосплавом, лесной мелиорацией (осушением заболоченных угодий), снизились масштабы судоходства и т.д. С другой стороны, существенно возросло негативное влияние горнопромышленного комплекса, нефте- и газодобывающей отрасли, коммунального хозяйства. Позитивом является общее снижение удельных выбросов и сбросов загрязняющих веществ и отходов в природные среды.

Нельзя исключать влияние на состояние водных биоресурсов самого рыбного хозяйства как основного пользователя с обширной инфраструктурой, включающей флот, добывающие, рыбоперерабатывающие, рыболовные, судоремонтные и другие предприятия, специфические орудия производства и лова и многое другое.

Добыча водных объектов сопровождается множеством негативных факторов, связанных с применением техники, орудий лова и оборудования, жизнедеятельности персонала, а также обусловленных авариями и браконьерством. Это сбросы в воду всевозможных отходов и сточных вод работающим флотом, утечки нефтепродуктов и фреона, выхлопные газы двигателей, воздействия локаторов и другой аппаратуры, шумы двигателей, засорение потерянными орудиями лова и прочее.

Таким образом, с экологических позиций промысел представляет собой не только активную форму воздействия на биомассу и структуру сообществ, но его можно рассматривать как комплекс помех биологическим процессам и фактор загрязнения водной среды, а в экосистемном отношении, по определению Л.А.Кудерского (1992), как «деэвтрофикационный механизм», изымающий из водоема часть органического вещества.

Одновременно существуют сложно взаимодействующие региональные и глобальные природные процессы с локальными техногенными факторами. Экологическая ситуация как в пространстве, так и во времени постоянно изменяется. Определенную роль играют спорадические трансграничные, аварийные и катастрофические факторы.

Живая природа на каждом уровне организации (организм – популяция – сообщество – биоценоз) обладает способностью к частичной или полной компенсации внешнего воздействия, а экосистема определенного вида в целом имеет особые свойства, не присущие ее подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не объединенных системообразующими связями, т.е. действует принцип эмерджентности. Компенсаторно-адаптивные цепные реакции биоты могут проявляться в течение длительного времени, иметь скрытый период (Одум, 1986; Яблоков, 1987; Бигон и др., 1989; Северцов, 1992; Реймерс, 1994; Шилов, 1998; Филенко, 2002 и мн. др.).

В этом сложном конгломерате первичных и вторичных, синергических и разнонаправленных природно-техногенных процессов трудно определить достоверно место и роль, ущербобразующую значимость отдельно взятого фактора, источника негативного воздействия или природного явления. В каждом географическом пункте и в пределах каждой экосистемы (или их сочетания) существуют специфические трансформации биоты, и, по мнению Н.Ф.Реймерса (1990), общего стандарта признаков составить нельзя.

Высокая степень неопределенности имеет место почти всегда при расчетах ущерба водным биологическим ресурсам, поскольку экологические последствия, особенно для рыбной части водного сообщества, в большинстве случаев проявляются с запаздыванием (за исключением катастроф) и характеризуются латентностью. Весьма затруднительна оценка ущерба водным экосистемам, расположенным вне сферы хозяйственного освоения, но испытывающим трансграничное воздействие спорадически.

Хронический ущерб водным биоресурсам может не проявляться изменениями общей биопродуктивности. Деградированный или уничтоженный вид, как правило, замещается экологическими аналогами – другими видами, которые могут оказаться бесполезными и даже вредными для человека в хозяйственном отношении. При этом рыболовство как фактор селективного изъятия рыбы (недостовольного статистически) существенно искажает представление о величине реальных нарушений в экосистеме.



Оценки вреда природным экосистемам (причиненного или ожидаемого), а также субъектам хозяйственной деятельности, здоровью и имуществу граждан, выраженные с высокой точностью (например, потери рыбных запасов в килограммах и даже центнерах), как правило, вызывают справедливые сомнения специалистов, заказчиков и инвесторов. Существенные расхождения результатов наблюдаются не только у разных экспертов, использующих разные методики, но и при вариантных проработках одним исполнителем или единым коллективом. И это не столько издержки методологии, объема исходных данных, сколько объективные трудности учета сочетанного действия комплекса негативных и позитивных факторов, скрытых экологических последствий. Весьма значимо и существо задачи оценки, поскольку проблема компенсации ущерба может решаться в экологическом, экономическом, медицинском и социальном аспектах. Очевидно, критерии в этих случаях могут быть достаточно противоречивы.

Сложившаяся в результате перехода России на рыночную экономику правовая база эколого-хозяйственных отношений имеет дифференцированную структуру и включает:

- 1) экологические платежи за сбросы, выбросы и размещение отходов по установленным фиксированным ставкам;
- 2) возмещение ущерба (упущенной выгоды) в результате невозможности или ухудшения условий дальнейшей хозяйственной деятельности в рамках гражданско-правовых отношений, на договорной основе между хозяйствующими субъектами;
- 3) ресурсные платежи за право использования ресурсов, как правило, в виде фиксированной ставки отчислений объекта используемых ресурсов.

В теории и практике оценочных работ для расчета рыночной стоимости экологического ущерба от уничтожения основных элементов биоты используются три основных метода: затратный, доходный и метод сравнения продаж (Медведева и др., 1999). Международные стандарты требуют применения сразу трех методов для получения объективных значений и исключения необоснованных результатов.

Многие специалисты считают, что оценки стоимости биологических компонентов экосистем должны быть ориентированы не на расчет ущербов, наносимых одним видом хозяйственной деятельности другим, а должны исходить из компенсационного принципа. То есть они должны отвечать на вопрос: какие затраты (хотя бы гипотетические) необходимо понести обществу для того, чтобы восполнить потери в регуляторной функции биосферы, связанные с деградацией экосистем, обусловленной его деятельностью (Митяева, 1982, 1987; Фридман, 1982, 1992; Богачев, 1984; Семенов, Дубинина, 1991; Большаков и др., 1998; Медведева и др., 1999).

В сфере оценки ущерба рыбному хозяйству и водным биоресурсам действуют несколько методик, в том числе разработанные в 1967 и 1974 гг. Они основаны на различных подходах, обладают неравным юридическим статусом, не отвечают современному законодательству, но самое главное – их точность не отвечает критериям. Формализация подсчета и отказ от «предосторожного подхода» – это ошибка уже потому, что не учитывается трансформация самой водной экосистемы. Данная методология мало приемлема в новых экономических условиях хозяйствования.

Объективно существуют и законодательно определены два основных вида ущерба в сфере природопользования.

Первый вид – вред природной (окружающей) среде. Это негативные изменения, вызванные антропогенной деятельностью в результате загрязнения среды, истощения природных ресурсов, повреждения или разрушения

экосистем. Он является материальным носителем экономических потерь. Однако биоресурсы (в их числе водные) не могут быть оценены эквивалентно в денежном выражении, поскольку представляют собой не только источник пищевого белка. Они – неотъемлемая часть природных экосистем, способных самовосстанавливаться, регулировать состояние среды своего обитания, и носители уникальных генофондов, которые должны быть сохранены для нормального и продолжительного функционирования экосистем и биоразнообразия.

Второй вид ущерба – вред, причиняемый здоровью и имуществу граждан, а также отраслям хозяйства при эксплуатации, строительстве, производстве различных работ с использованием природных ресурсов. Отрасли и субъекты, конкурирующие в сфере природопользования, неминуемо наносят друг другу ущерб, который тем сильнее, чем значительнее они изменяют совместно используемый экологический компонент.

Из практикуемых в настоящее время в России нормативно-методических документов наиболее интегральной, «сырьевой» является «Временная методика оценки ущерба...» (1989). Она прошла многолетнюю апробацию и широко используется не только при разработке проектов, но и в экспертизе экологических последствий от воздействия существующих хозяйственных объектов и работ. Вместе с тем методика имеет ряд неточностей и недостатков, а главное, слабо отвечает концепциям экосистемного и бассейнового подходов. Новый проект методики (Инструкция ..., 2001) не получил статуса нормативного документа. Опыт экспертных работ, выполненных на водных объектах Европейского Севера России в 1981-2010 гг., показал малую приемлемость чисто нормативных методов подсчета ущерба водным ресурсам. Практически во всех случаях необходимо использование большого объема научной информации, а также хотя бы рекогносцировочных полевых исследований. Действующие нормативы, особенно в области гидрохимии, привязанные локально к месту и времени, часто ведут к необъективным выводам. Выйти на относительную достоверность позволят лишь анализ экологической обстановки в масштабе всей водной системы с учетом изменений на уровнях популяций, сообществ и биоценоза во взаимосвязи с трансформацией абиотических условий.

Создание универсальной методики, которая охватывала бы все случаи причинения вреда водным биоресурсам, обеспечивала адекватно оценку экологических и экономических потерь и способы их компенсации на условиях сохранения доминантных природных комплексов при устойчивом развитии современной цивилизации, очевидно, на данном этапе нереально. Возможно, нет и быть не может универсального и простого алгоритма оценки ущерба водным биоресурсам, и каждый случай требует индивидуального подхода с учетом многих факторов – экологических, экономических и социальных.

Общим фактором становления и развития социально-экономического комплекса страны, так или иначе, является привязанность к водным системам. В конечном счете в хозяйственную сферу вовлекаются все природные ресурсы водных бассейнов. Достаточная обособленность водных бассейнов, с одной стороны, и глубокая взаимозависимость элементов бассейна (в их числе биоресурсы), с другой – обуславливают необходимость вести расчеты последствий антропогенного воздействия (водосбор, сброс сточных вод, создание гидроузлов и водохранилищ и т.д.), составлять прогнозы и осуществлять планирование не в точке (как это заложено в большинстве методик), а с учетом последствий для бассейна всей совокупности воздействий. Вместе с тем исходные данные о состоянии природных объектов

гидросферы по-прежнему отличаются неточностью и неполным объемом, а иногда – относятся лишь к качественным показателям. Характерная особенность – наличие третьей ординаты (глубины) в условиях водной среды, что определяет существенные различия по вертикали в реакции абиотических компонент экосистемы на внешнее воздействие, а также в характере и интенсивности одних и тех же внешних импульсов. Существенная скрытность внутриводоемных процессов приумножает неадекватность оценки экологических последствий.

Природоохранная политика длительное время акцентировалась на факторе загрязнения, игнорируя множество других видов антропогенного воздействия. Само понятие «загрязнение окружающей среды» получило чрезмерное толкование, включив разновидности не только химического, но и физического воздействия (радиация, шумы, микроволновые и магнитные поля, тепло и т.д.), вплоть до «биологического загрязнения».

Большинство бытующих методических документов предназначено для определения ущерба (убытков) от загрязнения преимущественно химическими агентами. В качестве нормативного базиса была разработана и официально утверждена система контроля с помощью ПДК. Сыграв положительную роль на начальном этапе мониторинга природных сред, к настоящему времени система изжила себя экологически и стала определенным дезинформатором при оценке состояния водных экосистем и расчетах причиняемого вреда биоресурсам. Установленные общенациональные ПДК не отражают всего многообразия устойчивости к антропогенной нагрузке водных экосистем, расположенных в различных природно-климатических зонах и биогеохимических провинциях страны (Волков и др., 1996; Заличева, 1996; Лесников, 1998; Александровская, Розенталь, 2011 и др.). Игнорирование этого положения способствовало дальнейшему ухудшению экологического состояния водных объектов и значимому снижению их биопродуктивности. Перед наукой встал вопрос разработки региональных ПДК, учитывающих зональные и аazonальные факторы резистентности. Как следствие – перечень обязательных ПДК должен расширяться до бесконечности, увеличивая затраты на их разработку и мониторинг окружающей среды.

Сложилась парадоксальная ситуация: при существовании тысяч вредных веществ с установленными нормативами, большая часть которых практически не контролируется из-за обилия, инструментально-технических трудностей и экономической обремененности, известна группа веществ (всего около 30), которые являются причиной патологий, несмотря на действующую систему контроля за их содержанием в природной среде.

По результатам исследований зональных и аazonальных особенностей устойчивости пресноводных экосистем к антропогенной токсикологической нагрузке, выполненных в лаборатории экологической токсикологии и биомониторинга СевНИИРХ в 1980-1990-е годы, было предложено в системе рыбохозяйственных ПДК выделить в специальную группу вещества природного происхождения. Их регламентирование следует вести с обязательным учетом нормы реакции представительных гидробионтов и зональных особенностей токсикорезистентности водных экосистем (Заличева, 1996).

Вопрос о несовершенстве системы ПДК-ПДС-ПДВ справедливо ставил академик В.А.Коптюг (1988). В последующее время некорректность нормирования и контроля на основе ПДК обосновали не только гигиенисты, химики и гидробиологи, но даже токсикологи – авторы системы (Грушко, 1982, 1987; Башкин, 1989;

Безель и др., 1992; Фридман, 1992; Волков и др., 1996; Лесников, 1998; Тулупов, 2000; Гусева и др., 2001; Пономарева, 2003 и др.).

Нормативы ПДК относительно приемлемы в качестве базовых в сфере технологического управления качеством сбросных (сточных) вод и выбросов в атмосферу, но они «не работают» в условиях естественных экосистем, где комплексуются, трансформируются и перемещаются тысячи природных и техногенных веществ и нет места существованию рафинированных элементов, для которых установлены ПДК. Зональные, ландшафтные, геохимические и множество других особенностей функционирования экосистем невозможно нормировать с помощью гипертрофированной системы ПДК. Очевидно, просто необходим полный запрет на сброс или выброс в окружающую среду наиболее опасных веществ-ксенобиотиков (например, по списку ЮНЕП 1995 г., но дополненному). Более того, в условиях действия гигиенических нормативов Минздрава РФ в области охраны здоровья и охраны окружающей среды применение «рыбохозяйственных» ПДК – по определению юридически неправомерно.

Практически не найден переход от нормативного представления о действии контролируемого вещества к оценке размера экологических последствий в реальной обстановке. Вопрос установления природоохранных норм качества природных вод остается открытым.

Из негативных сторон системы ПДК следует отметить еще экономическую. В настоящее время на рынке в заметных количествах оборачивается до 200 тыс. синтезированных веществ, в большинстве которые являются ксенобиотиками. Наличие ПДК в соответствии с законодательством необходимо на каждое потенциально опасное вещество. Перечень только рыбохозяйственных ПДК достиг 1.5 тыс. наименований, эклектичных по многим параметрам (ионы, смеси, пасты, взвеси, сложные соединения и тому подобные разновидности и формы). Разработка новых ПДК в неупорядоченной системе нормирования и неадекватных в реальной ситуации – задача архидорогая и тупиковая. Прописанные Водным кодексом РФ (2010) запреты на сбросы и захоронения опасных для здоровья и других организмов веществ и взвесей в соответствии с установленными нормативами ПДК для огромного их числа практически неосуществимы и являются чистой декларацией.

На основе комплексных натурных работ по оценке степени техногенного воздействия крупных хозяйственных объектов Европейского Севера на водные экосистемы (предприятия ЦБП, ОАО «Апатит», Кольская АЭС, месторождения нефти, газа, нерудных стройматериалов и т.д.) И.В.Волковым и автором был предложен показатель условного экологического водопотребления (УЭВ). Он выражает объем чистой природной воды, необходимый для нейтрализации токсичности характерных видов загрязнения (сточных, ливневых, дренажных и иных вод без детализации их сложного состава) от конкретных источников в зоне их воздействия. Степень порогового разбавления определяется экспериментально по общепринятым в токсикологии методикам. При этом за экологически приемлемый уровень нагрузки принимается величина УЭВ, не превышающая 25% годового притока на загрязняемую акваторию. Этот страховочный коэффициент введен с учетом трех положений:

- исходя из физиологии гидробионтов известно, что адаптация организма возможна при уменьшении лимитирующего ресурса (например, содержания кислорода в воде) не более чем на одну треть оптимальной величины;
- годовая приточность не может быть на 100% израсходована на нейтрализацию загрязнения, так как остаются неучтенными другие факторы антропогенного влияния, в том числе аэрогенные;

- в связи с биотестированием не по полной схеме токсикологического анализа среды экстраполяция расчетной величины УЭВ на натурную экосистему целесообразна с понижающим коэффициентом допустимости безопасного уровня воздействия.

При биотестировании натуральных вод необходимо иметь в виду, что аккумуляция большинства токсикантов донными отложениями и гидробионтами до  $1 \cdot 10^6$  превышает их содержание в воде, то есть концентрация вещества в воде не отражает токсикологической нагрузки на водную экосистему, а может дать лишь первичную информацию к установлению силы антропогенного воздействия (Лукьяненко, 1983; Брагинский, 1985; Ласкорин, Лукьяненко, 1992 и др.).

Система маркерных показателей оценки состояния водных объектов при малой антропогенной нагрузке взамен системы ПДК обоснованно предложена Т.В.Гусевой с сотрудниками (2001). К показателям, которые наиболее устойчиво характеризуют состояние водной массы, отнесены электропроводность, цветность, жесткость, содержание гидрокарбонатов и хлорофилла «а».

Экологические нормы не должны быть абсолютно жесткими, поскольку задача нормирования, по сути, сводится к поиску компромисса между требованиями держаться подальше от границы устойчивости экологической системы и получением максимально возможной продукции с учетом технологических особенностей того или иного вида хозяйственной деятельности. При этом, по мнению многих авторов (Семенов, Дубинина, 1991; Безель и др., 1992; Кондратьев и др., 1996; Моисеенко, 1997; Обьедков, 2000; Булгаков, 2002 и др.), экологическое нормирование необходимо ориентировать не на степень и качество видов воздействия на природные комплексы, а на реакцию биологических систем.

Современный уровень экологических знаний свидетельствует, что самый значительный вред наносит уничтожение или ослабление природных экосистем, а не фактор загрязнения и аномалии климата. В данном контексте, по крайней мере для зоны Севера, богатой водными ресурсами, экологический ущерб от объектов энергетики может превышать потери от других видов антропогенного пресса. Энергетики, уповая на высокую экономическую эффективность и крайне важную роль своей отрасли в жизни всего населения, откровенно замалчивают наличие серьезных техногенных факторов негативного воздействия на водные экосистемы: аномалии гидрологического режима, препятствия миграциям и воспроизводству водных организмов, прямая гибель гидробионтов на сооружениях электростанций и в водохранилищах, электромагнитные поля (особенно трехфазные), имеющие катастрофические последствия для всего живого, но практически не нормируемые. На энергетику завязаны промышленные центры и поселения с инфраструктурой, которые усиливают антропогенный пресс на водные экосистемы. По классификации Всемирного банка плотины и водохранилища отнесены к категории А, т.е. к объектам с чрезвычайно высокой степенью воздействия на окружающую среду с серьезными экологическими последствиями, включая наведенные изменения климата, сейсмичности и аварии.

Техногенно-природные экосистемы водохранилищ отличаются значительным динамизмом абиотических условий и, как следствие, разбалансированы, качественно и количественно перестраиваются местные гидробиоценозы, резко возрастают межгодовые колебания биомассы рыбной части сообщества (Васильев, Хрисанов, 1984; Лукьяненко, 1989; Романенко и др., 1990; Авакян, Ковалевский, 1992; Кудерский, 1992; Авакян, Подольский, 2002). Особенно значительны изменения в условиях озерно-речных систем Карело-Кольского региона, которые претерпели масштабную трансформацию в интересах энергетики, лесосплава, мелиорации, судоходства и для других целей.

Известный ученый гидролог-гидротехник С.В.Григорьев еще в 1940-1950-е годы считал главным фактором изменения природы вод использование рек и озер в энергетических целях, сравнивая процесс массового гидростроительства по последствиям с новой геологической эпохой.

Долинно-речные водохранилища региона имеют скромные регулирующие возможности из-за слабоврезанных русел, а водохранилища на базе озер могут вести многолетнее регулирование стока, трансформируют морфометрию и водный режим собственно водоема и вытекающей из него реки во всех их характеристиках как по внутригодовому распределению, так и по смежным годам. Новая техногенно-природная водная система в большинстве случаев аномальна к условиям обитания и воспроизводстве гидробионтов и околородной фауны и флоры в масштабе всего водного бассейна, а при переброске стока сказывается и на другом водосборе.

Водный кодекс Российской Федерации (новая редакция 2006 г.) содержит наибольший объем законодательных требований именно в части использования водохранилищ и водных объектов для целей производства электроэнергии.

Ущерб, причиняемый рыбным ресурсам ежегодно гидроэнергетикой, трудно восполним специальными мероприятиями, а сформировавшиеся новые водные экосистемы характеризуются неустойчивостью и пониженной биопродуктивностью на 20-30% от исходной в естественном режиме. По данным В.И.Лукьяненко (1989), реальные уловы рыбы на водохранилищах европейской части России составляют от 10 до 48% от расчетных проектных. Наша оценка с использованием методики С.П.Китаева (2007) показала, что в зоне Европейского Севера средний уровень рыбопродуктивности водохранилищ, созданных на базе озер, на 24% ниже, чем таковая в естественных озерах. При этом следует помнить об утрате многих популяций проходных рыб и ряда видов других гидробионтов в результате создания каскадов ГЭС на реках Ковда, Кемь, Выг, Воронья, Терiberка, Нива.

Во всех случаях оценочных работ следует иметь в виду, что изменения в структуре и биомассе водных биоресурсов вызываются не только антропогенными факторами. Единовременно происходят естественные колебания, обусловленные климато-продукционными глобальными циклами и внутриводоемными природными процессами. В этой связи возможны только приближенные результаты оценки потерь биоресурсов, связанные с определенным техногенным прессом. Необходимо установить норму допустимых отклонений по вариантным расчетам.

К началу 1990-х гг. практика оценки ущербов водным биоресурсам показала несостоятельность стоимостного подхода к проблеме, несмотря на существование нормативно закреплённого механизма компенсации вреда и множество методических разработок (Киселев, Киселева, 1983; Семенов, Дубинина, 1991; Кудерский, 1992; Киселев, 2009 и др.).

Стоимостное выражение вреда, причиняемого водным биоресурсам, да и в целом от негативного вмешательства в природные процессы, оценить невозможно в принципе. Цена, стоимость отражают процессы общественного товарного производства, их влияние ограничено сферой производственных отношений. Стоимостные показатели могут характеризовать только общественные затраты труда, а не свойства природных ресурсов, не качество окружающей среды. Обустройство природных ресурсов (создание производственной базы и необходимой инфраструктуры), конечно, требует затрат труда на их выявление, освоение, реализацию и т.д. При этом, чем беднее ресурсы и сложнее условия их освоения, тем необходимо больше затрат. В экономическом смысле – нелепость.

В естественном состоянии водные биоресурсы представляют собой не только определенное количество полезного для человека продукта или вещества, но главное – они самовоспроизводятся в течение неограниченного времени, являясь элементами сложных экосистем и носителями своеобразных и уникальных генофондов. Поэтому они, как и свойство биопродуктивности водных объектов, имеют самостоятельную ценность, которая не может быть определена в полной мере денежным эквивалентом.

Если в общественном производстве деньги можно «конвертировать» в товар, то, как считает В.К.Киселев (2009), утраченные природные ресурсы в большинстве случаев невозможно восстановить ни за какие деньги. Лишь в случаях, когда имеется проверенная на практике возможность возмещения усилиями человека причиненных природе потерь, можно допустить стоимостные критерии для выбора вариантов хозяйственных решений, связанных с использованием природных ресурсов.

Масштабы хозяйственного пресса на природную среду в наши дни вызвали растущее увеличение ценности природных ресурсов, особенно их универсальных элементов: земли, вод, биоценозов и энергоресурсов. Все новые и новые элементы природы переходят из разряда «бесплатных даров» и «свободных благ» в хозяйственные ценности, во все более важный предмет непосредственного потребления. Результаты перевода величины натуральных потерь водных биоресурсов в денежное выражение довольно часто встречают недоверие со стороны вероятных инвесторов компенсации и сомнения специалистов.

Экс-председатель Комитета Госдумы РФ по охране окружающей среды В.И.Данилов-Данильян (1999) считает, что плата за воздействие на природную среду и компенсация причиненного ущерба – это две различные принципиально компоненты механизма экономического управления охраной окружающей среды и смешивать их не следует. Принцип платежности отделен от его практической реализации проблемами технического характера: регистрация, измерение объема воздействия, финансово-экономические калькуляции. Эти проблемы для ряда типов воздействий удовлетворительного решения не имеют. Вопрос о компенсации ущерба допускает корректную правовую постановку при выполнении условий:

- наличие хотя бы одного юридического или физического лица, претендующего на возмещение причиненного ему ущерба;
- решение технической проблемы проведения финансовой оценки причиненного ущерба; она требуется не вообще, а применительно к каждому претенденту на возмещение ущерба. Индивидуальный подход необходим исходя из существа задачи, поэтому претензии, связанные с возмещением ущерба, не могут подводиться под некую общую методику (в отличие от платы за воздействие на окружающую среду), а должны рассматриваться судом по каждому иску отдельно.

Принятая на конференции ООН в Рио-де-Жанейро «Повестка дня на 21 век» (1997) изложила концепцию устойчивого развития и в этой связи новую трактовку понятия «природный капитал» как совокупность природных активов, предоставляющих человечеству, наряду с ресурсами природы, и экологические услуги (Цит. по: Титова, 2009). В состав последних включаются: способность экосистем к ассимиляции загрязнений и восстановлению нарушений, регулирование состава атмосферы и водной среды, круговорот питательных веществ, сохранение биоразнообразия и генетического фонда, выработка пищевой продукции, технологическое сырье, рекреационный и культурный досуг.

Стоимость экологических услуг не учитывается в ценах на товары, экономическая оценка их количественно может быть проведена только приблизительно. Одна из первых попыток оценить стоимость различных типов природных экосистем планеты сделана международной группой экспертов в 1997 г. (Costanza et al., 1997). Авторы справедливо полагают, что экономика Земли не может быть полной без услуг экосистем по поддержанию жизни. Согласно выполненным расчетам, общая ценность услуг экосистем нашей планеты достигает 33 трлн долл. США (в ценах середины 1990-х гг.), из них стоимость услуг морских экосистем – 20.95 трлн, наземных – 12.3 трлн, включая водно-болотные угодья – 4.9 трлн долл. Эти астрономические показатели, равновеликие уровню совокупного валового продукта планеты, интерпретируются как задолженность природе, и, естественно, их невозможно компенсировать (Титова, 2009).

В «запасе» прочности экосистем, несмотря на его ограниченность и конечность, сосредоточена бесконечная ценность для человечества.

Сотрудники ФГУП ТИПРО-Центр выполнили оценку потенциальной стоимости экосистемных услуг залива Петра Великого (Японское море). Общая стоимость услуг на единицу площади (га) определилась в 1610 долл. в год, тогда как без учета затрат стоимость промыслового запаса биоресурсов залива составляет всего 3% от расчетной суммы, или около 1450 руб/га (Лукьянова и др., 2010).

Все это заставляет крайне серьезно задуматься о пересмотре методологии оценок вреда, причиняемого антропогенно природным экосистемам, и о том, что использование действующей с 1960-х гг. нормативной базы некорректно.

Следует отметить, что Федеральный закон «Об охране окружающей среды» предусматривает возмещение только причиненного вреда, а не компенсацию предполагаемого будущего ущерба (ст.77-79). В отношении планируемой хозяйственной и иной деятельности при размещении, проектировании, строительстве, эксплуатации, консервации и ликвидации объектов и проведении работ предписано соблюдение установленных требований в области охраны окружающей среды и проведение оценки воздействия на окружающую среду в целях разработки соответствующих мероприятий по охране и восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности (глава VI закона). Затраты по данным мероприятиям, по существу, являются компенсационными, но их сумма зависит от качества проектных разработок и объективности решений согласовывающих инстанций.

В настоящее время нарушен перечень директивно установленных территориальных организаций, на которые возложено исключительное право оценки ущерба, причиняемого антропогенно водным биоресурсам. Экспертизу позволительно выполнять многим самостоятельным «предпринимателям», не обладающим необходимыми знаниями и информацией, профессиональными навыками, зачастую действующим в интересах лобби. Такое положение приумножает недоверие к результатам экологических экспертиз, создает дополнительные трудности в хозяйственной деятельности, не способствует оздоровлению экологической ситуации. Новая редакция Водного кодекса РФ (2006 г.) значимо упростила вопросы водопользования и требования к охране водных объектов. Вместе с тем, специализированные рыбохозяйственные институты испытывают дефицит финансирования и, соответственно, времени по ресурсным исследованиям, что сказывается на уровне экологических заключений. Очевидно, в целях получения более надежных доказательств



рыбохозяйственных, иных экологических последствий и ущербов необходимо законодательно регламентировать порядок и процедуру оценки степени воздействия на природные экосистемы и их биоресурсы с возложением и разделением соответствующих полномочий и обязанностей на органы по охране объектов животного мира и среды их обитания, научно-исследовательские и проектные институты по территориально-бассейновому принципу.

В соответствии с современными требованиями процесс экологической оценки должен начинаться на самых ранних стадиях разработки проекта и проходить параллельно с процессом проектирования. Никакая постэкспертиза не может сделать проект или существующий объект экологически безопасным. Самодеятельность посторонних организаций в данной области должна быть запрещена.

Практика экспертных работ с оценкой ущерба водным биоресурсам показала, что использование преимущественно нормативного метода, как правило, не дает объективного результата и вызывает неприятие со стороны инвестора и других заинтересованных субъектов. Почти во всех случаях задача решается на базе научной информации нестандартизированными методами.

Действующая нормативно-методическая база и, как правило, лимит времени не позволяют или сильно ограничивают выполнение специальных исследований и даже изучение обширного фонда научной информации, опыта практиков. Это обуславливает широкое применение экспертных оценок и субъективную интерпретацию ситуации в экосистемах, что в конечном итоге ведет к невысокой достоверности результатов, дублированию работ, бессмысленному расходованию немалых средств.

Современное законодательство предусматривает вариантность разрешения споров и порядка компенсации вреда, причиняемого природной среде и ее биоресурсам: помимо определения размера вреда исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды, в соответствии с проектами, таксами и методиками, а также на основании решения суда или арбитражного суда и добровольного компромисса.

Принимая во внимание определенную декларативность и малоэффективность законодательно-нормативных актов при явной эклектике методологии оценки вреда водным биоресурсам и чрезвычайную сложность получения объективных результатов, очевидна необходимость упрощенного подхода к решению вопросов ответственности за нарушение природоохранного законодательства и компенсации причиненного вреда. Разумеется, такой подход должен действовать временно, до ведения соответствующей подзаконной методической документации, и оправдан на этапе перевода производственной деятельности страны на путь всесторонней интенсификации и модернизации. Это позволило бы не только снять некоторые препятствия развитию промышленного производства, создаваемые под предлогом необходимости детального изучения экосистем, но и приостановить фискально-распределительные функции, которые упрочились в деятельности ряда органов власти, контроля и согласования. Главное – предоставляется возможность серьезной работы по созданию новой методики определения вреда природным биоресурсам на основе современного законодательства и экосистемного подхода, накопленного фонда материалов экологических исследований.

Наиболее существенными стимулами для хозяйственника (юридического или физического лица) к повышению экологической безопасности деятельности на водном объекте или его водосборе остаются экономические санкции, если суммы ущербов

и штрафов будут достаточными, чтобы нарушения правил природопользования стали экономически невыгодными. В условиях широко распространенных нарушений более оправданы штрафные санкции и плата за природопользование.

Временный приоритет таксового метода взыскания за причиненный вред соответствует сложившейся структуре экологических платежей, включающей наряду с затратами по возмещению ущерба на договорной основе платежи за сбросы, выбросы и размещение отходов по установленным ставкам и платежи за право использования ресурсов в виде фиксированной ставки от объема используемых ресурсов.

Стоимостная оценка причиненного вреда и компенсационных мероприятий, в силу фактической неопределенности цены собственно природных объектов и ресурсов, может быть дана только укрупненно, применительно к претенденту на возмещение вреда – по каждому иску в судебном порядке либо по согласованию.

Выполнение углубленных исследований, требующих значительного времени и средств, оправданно в случае сложных проектов с новыми технологиями и факторами воздействия, хотя и здесь можно было бы избежать рутинной работы при использовании ретроспективного банка экспертиз и материалов экологического аудита.

Подводя итог с учетом реалий современной экономики и экологического состояния природной среды, в целях совершенствования методологии оценки вреда, причиняемого антропогенно водным биоресурсам, позволительно сформулировать ряд предложений, разумеется не претендующих на завершение.

Во-первых, очевидно, нереально создать методику, единую для всей территории России, интегральную для всех реципиентов и с максимально упрощенным алгоритмом расчетов, приемлемым для среднего уровня специалистов, работающих в области экологической экспертизы, контроля и надзора за состоянием природных ресурсов. Вместо этого на федеральном уровне должны действовать единые законодательно установленные основные принципы природопользования и ответственности за нарушение соответствующих норм и правил.

Возможные варианты методик (инструкций) по оценке размера антропогенного вреда водным объектам и их биоресурсам желательно адаптировать к эколого-экономическим особенностям в масштабе установленных федеральных округов либо крупных водных бассейнов. Это позволило бы значительно сократить объем исходных данных для процедуры оценки размера вреда, тем самым упростить алгоритмы расчетов.

Принимая во внимание объективность экологической, экономической и социальной значимости негативных последствий антропогенного нарушения природных экосистем, целесообразно разделить методологию оценки вреда на две части. Первая – внеэкономическая – предназначена для определения натурального ущерба природным биоресурсам, вторая – для оценки экономических и социальных последствий в результате утраты биоресурсов и трансформации природной экосистемы применительно к искам конкретных претендентов на компенсацию ущерба в согласованной форме (денежной, реновационной либо иной).

Для каждой категории методик необходимо четко сформулировать понятие «ущерб», определив его составляющие.

Концептуальной основой обоих методических направлений должны стать два подхода:

- 1) экологический аспект воздействия рассматривается исходя из экосистемных представлений в масштабе водного бассейна (площади водосбора);
- 2) допустимый уровень воздействия (критерий, порог) определяется с учетом принципов предосторожности и обманчивого благополучия.

Мы не можем приостановить развитие экономики страны под предлогом необходимости детального изучения экосистем в каждом случае антропогенного воздействия или принимаемого хозяйственного решения. Логично, что главной задачей является обоснованная оценка приемлемости наблюдаемых и удаленных во времени экологических последствий для состояния окружающей среды. Новая редакция методики оценки натурального ущерба биоресурсам должна обозначить допустимую степень антропогенного воздействия, тем самым выделить долю ресурсов, которая способна самовосстанавливаться и не входит в объем компенсации. На современном уровне знаний за допустимую можно принять техногенную нагрузку, в результате которой будут наблюдаться отклонения параметров биоты (выживаемость, плодовитость, численность, продуктивность и т.п.) или среды ее обитания (качество воды, донных отложений, объемы стока, экстремальные характеристики расходов, уровня и т.п.) не более чем 20-25% от нормы или многолетнего показателя, контроля в эксперименте. Безусловной компенсации подлежит невосполнимая (необратимая и долговременная) часть рассчитанного ущерба.

Как подчеркивал Н.Ф.Реймерс (1994), научная экспертиза (в отличие от экспертных оценок) – особая форма деятельности, требующая самостоятельного юридического статуса и профессиональных навыков, а следовательно, обучения и коллективов. Всесторонний анализ воздействия объектов и видов хозяйственной деятельности на природную среду с объективной оценкой экологических последствий требует значительных затрат времени и средств. Выполнение таких работ целесообразно лишь в рамках крупных проектов, схем развития отраслей или промышленных комплексов. Процесс экологического обоснования инвестиций необходим на ранних стадиях разработки проекта с дальнейшим уточнением в ходе реализации.

В заключение надо признать, что провести достаточно точную оценку потерь обычно затруднительно, поэтому выделение средств на сохранение качества окружающей среды и ее биоресурсов приходится устанавливать либо экспертным путем, либо по согласованию, либо в судебном порядке.

## Литература

Авакян А.Б. О влиянии техногенных изменений режима вод суши на окружающую среду / А.Б.Авакян, В.С.Ковалевский // Водные ресурсы. 1992. № 2. С. 140-149.

Авакян А.Б. К вопросу о влиянии водохранилищ на животных / А.Б.Авакян, С.А.Подольский // Водные ресурсы. 2002. Т.29, № 2. С. 141-151.

Александровская Л.Н. Оптимизация водно-экологического нормирования / Л.Н.Александровская, О.М.Розенталь // Водные ресурсы. 2011. Т.38, № 1. С. 108-118.

Башкин В.Н. Агрохимическая нагрузка на ландшафты // Природа. 1989. № 2 (882). С. 28-34.

Безель В.С. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок. Общие подходы / В.С.Безель и др. // Экология. 1992. № 6. С. 3-12.

Бигон М. Экология особи, популяции и сообщества / М.Бигон, Дж.Харпер, К.Таусенд. М.: Мир, 1989. Т.1. 667 с.; Т.2. 477 с.

Богачев В.Н. Природные ресурсы – составная часть общественного богатства // Оптимизация природопользования. М.: Знание, 1984. С. 26-36.

Большаков В.Н. Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем / В.Н.Большаков и др. // Экология. 1998. № 5. С. 339-348.

- Брагинский Л.П. Некоторые аспекты классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиол. журн. 1985. Т. XXI, № 6. С. 65-74.
- Булгаков Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов // Успехи современной биологии. 2002. Т. 122, № 2. С. 115-135.
- Васильев Ю.С. Экологические аспекты гидроэнергетики / Ю.С.Васильев, Н.И.Хрисанов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 248 с.
- Водный кодекс Российской Федерации: федер. закон: текст с изм. и доп. на 2010 г. М.: Эксмо, 2010. 64 с. (Российское законодательство).
- Волков И.В. Есть ли экологический смысл у системы общефедеральных рыбохозяйственных ПДК? / И.В.Волков и др. // Экология. 1996. № 5. С. 350-354.
- Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах: утв. Госкомприроды СССР, Минрыбхоз СССР, согласована Минфином СССР 20/18/21 декабря 1989 г. М., 1989. 60 с.
- Горшков В.Г. Природная биологическая регуляция окружающей среды / В.Г.Горшков и др. 1994. Т. 126, вып. 6. С. 17-23.
- Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: Наука, 1995. 470 с.
- Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах: справ. Л.: Химия, 1982. 216 с.
- Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу: справочное издание. Л.: Химия, 1987. 192 с.
- Гусева Т.В. Маркерные показатели оценки состояния водных объектов при малой антропогенной нагрузке / Т.В.Гусева и др. // Водные ресурсы. 2001. Т. 28, № 4. С. 505-509.
- Данилов-Данильян В.И. Экология и здоровье населения. Плата за ресурсы и ущерб // Зеленый мир. 1999. № 10-11. С. 6-7.
- Заличева И.Н. Экологические принципы регламентирования антропогенной токсикологической нагрузки на водные экосистемы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1996. 26 с.
- Инструкция по оценке ущерба водным биологическим ресурсам, причиняемого в результате планируемой хозяйственной и иной деятельности и разработке компенсационных материалов: проект / Госкомрыболовство РФ. М., 2001. 47 с.
- Киселев В.К. Экономика воспроизводства рыбных запасов / В.К.Киселев, Р.А.Киселева. М., 1983. 192 с.
- Киселев В.К. Этология – экономика – этономия // Рыбное хозяйство. 2009. № 3. С. 18-21.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2007. 395 с.
- Кондратьев К.Я. Экология – экономика – политика. СПб.: Санкт-Петерб. науч. центр РАН, 1996. 828 с.
- Коптюг В.А. Экология: от общественности – к действенной политике // Коммунист. 1988. № 7. С. 24-33.
- Кудерский Л.А. Разработка стратегии оптимизации функционирования экосистем зарегулированных рек с целью сохранения и восстановления их биоресурсов. СПб.: ГосНИОРХ, 1992. 142 с.
- Ласкорин Б.Н. Стратегия и тактика охраны водоемов от загрязнения / Б.Н.Ласкорин, В.И.Лукьяненко // Вестник РАН. 1992. № 11. С. 45-63.

Лесников Л.А. Региональные проблемы нормирования загрязнения вод // Экологические аспекты регламентирования антропогенного загрязнения водоемов России. Ярославль, 1998. С. 21-36.

Лосев К.С. Вода. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 272 с.

Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. М., 1983. 320 с.

Лукьяненко В.И. Влияние гидростроительства на воспроизводство промысловых рыб // Вестник АН СССР. 1989. № 12. С. 50-59.

Лукьянова О.Н. Оценка потенциальной стоимости экосистемных услуг залива Петра Великого (Японское море) / О.Н.Лукьянова и др. // Рыбное хозяйство. 2010. № 6. С. 34-38.

Медведева О. Методы экономической оценки экологического ущерба от уничтожения основных элементов биоты / О.Медведева и др. // Зелёный мир. 1999. № 14. С. 7-11.

Методика подсчета ущерба, нанесенного рыбному хозяйству в результате сброса в рыбохозяйственные водоемы сточных вод и других отходов: утв. Минрыбхозом СССР 16 августа 1967 г. № 30-1-11 // Рыбоохрана: сб. нормативных актов. М.: Юрид. лит., 1988. С. 548-555.

Методика подсчёта ущерба, нанесённого рыбному хозяйству в результате нарушения правил рыболовства и охраны рыбных запасов: утв. Минрыбхозом СССР и согласована с Минфином СССР 12/15 июля 1974 г. № 30-2-02 // Рыбоохрана: сб. нормативных актов. М., 1988, с. 543-548.

Митяева И.Б. О критериях экономической оценки ущерба, наносимого рыбным запасам внутренних водоемов в результате хозяйственной деятельности // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. 1982. Вып.189. С. 7-30.

Митяева И.Б. Совершенствование экономических отношений рыбного хозяйства с отраслями-водопользователями в условиях экологических ограничений // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. 1987. Вып.258. С. 37-48.

Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 261 с.

Об охране окружающей среды: федер. закон. М.: Омега-Л, 2009. 61 с. (Законы Российской Федерации).

Объедков Ю.Л. Методология оценки экологического состояния территорий (подходы и разработки) // Экологическая экспертиза: Обзорная информация. М.: ВИНТИ-ЦЭП, 2000. Вып.6. С. 53-70.

Одум Ю. Экология: в 2 т. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с.; Т.2. 376 с.

Пономарева Л.С. О нормативах ПДК веществ в природных водах и их применении в современных условиях // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2003. № 9-10. С. 126-133.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.

Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. 367 с.

Романенко В.Д. Экологическое воздействие гидротехнического строительства на водные объекты / Романенко В.Д. и др. Киев: Наук. думка, 1990. 254 с.

Северцов А.С. Динамика численности человечества с позиции популяционной экологии животных // Бюл. МОИП, отдел Биология. 1992. Т.97, вып.6. С. 3-17.

Семенов А.Д. Оценка ущерба биоресурсам водных экосистем / А.Д.Семенов, В.Г.Дубинина // Рыбное хозяйство. 1991. № 6. С. 11-14.

Титова Г.Д. Новая концепция защиты морских экосистем от истощения экономическими методами // Рыбное хозяйство. 2009. № 5. С. 17-21.

Тулупов П.Е. На НПП «Химэк» создают унифицированную методику оценки зон негативного влияния предприятия // Зелёный мир. 2000. № 21-22. С. 22-23.

Филенко О.Ф. Значение токсикодинамических закономерностей в экотоксикологии // Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах. М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 64.

Фридман И.Л. Методические вопросы определения экономической эффективности НИР и новой техники по рыбоводству и сырьевой базе пресноводных водоемов // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. 1982. Вып.189. С. 115-136.

Фридман И.Л. Определение ущерба рыбным ресурсам от загрязнения озер, рек и водохранилищ // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. 1992. Вып.298. С. 91-101.

Шилов И.А. Экология. М.: Высш. шк., 1998. 512 с.

Яблоков А.В. Популяционная биология. М.: Высш. шк., 1987. 303 с.

Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital / R.Costanza et al. // Nature. 1997. Vol.387. P. 253-260.

#### *Сведения об авторе*

**Горбачев Станислав Алексеевич,**

младший научный сотрудник, Северный НИИ рыбного хозяйства

**Gorbachev Stanislav Alekseyevich,**

Junior Research Fellow of Northern Fisheries Research Institute

УДК 597.5.574.3

**П.М.Терентьев, Н.А.Кашулин**

### **ТРАНСФОРМАЦИИ РЫБНОЙ ЧАСТИ СООБЩЕСТВ ВОДОЕМОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

#### **Аннотация**

Оценены современные тенденции изменений рыбной части сообществ водоемов Мурманской области на примерах крупных озерно-речных бассейнов. Наиболее серьезные и стремительные перестройки ихтиоценозов в условиях антропогенного загрязнения и эвтрофирования вод отмечены в центральной части региона, где на смену лососевым и сиговым приходят корюшковые и окуневые рыбы. Аналогичные явления характерны и для других районов области, однако скорости их протекания менее выражены и определяются процессами климатических изменений и природными сукцессиями.

#### **Ключевые слова:**

*ихтиофауна, структура ихтиоценозов, загрязнение вод, эвтрофирование водоемов, инвазия видов.*

**P.M.Terentjev, N.A.Kashulin**

### **THE TRANSFORMATION OF FISH COMMUNITIES IN THE WATERBODIES OF THE MURMANSK REGION**

#### **Abstract**

The current tendencies of changes of the fish communities in the Murmansk Region waterbodies by the example of large lake-river systems are assessed. The most serious and impetuous reconstructions of fish fauna under the intensification of both anthropogenic pollution and eutrophication are registered in the middle part of the region. There is the change of *Salmonidae* and *Coregonidae* fishes by the *Osmeridae* and *Percidae* species. The same phenomena are observed in other parts of the region, characterized by slower rate and determined by the processes of climate changes and natural succession.

#### **Key words:**

*fish fauna, ichthyocenosis structure, water pollution, water eutrophication, invasion of new species.*

## Введение

Классическая схема сукцессий лентических экосистем, их переход от олиготрофного состояния к эвтрофному, сопровождающийся закономерным изменением видового состава гидробионтов в естественных условиях продолжается в течение сотен лет. В особенности это касается районов Субарктики, где большинство водоемов относится к олиготрофному типу с низкими уровнями биопродуктивности. Направленность и скорость сукцессий, как правило, определяется процессами продукции и накопления органического вещества и может быть значительно изменена деятельностью человека. Данные явления хорошо известны и изучены для многих озер умеренных и южных зон. Проблема антропогенного эвтрофирования водоемов приобрела широкое распространение во второй половине прошлого века и в настоящее время является весьма актуальной во всем мире как для южных водоемов, так и для расположенных в субарктических широтах (Антропогенное ..., 1976; 1982; Россоломо, 1977; Решетников и др., 1982; Meriläinen et al., 2000; Moiseenko et al., 2001; Vandysh, 2001; Науменко, 2007; Kokfelt et al., 2010). Под влиянием деятельности человека в различных систематических группах гидробионтов отмечаются значительные качественные и количественные изменения. При этом скорость таких трансформаций значительно увеличивается. Наибольшее внимание при изучении подобных процессов, как правило, уделялось изменениям, происходящим в планктонных и зообентосных сообществах (Антропогенное ..., 1976; Винберг, 1976; Буяновская, 1977; Россоломо, 1977). Позднее у исследователей возрос интерес к изучению трансформации рыбной части сообществ в связи с эвтрофированием водоемов (Решетников, 1980; Решетников и др., 1982; Болотова и др., 1996; Winfield et al., 2008; Jeppesen et al., 2010). Изменения ихтиофауны водоемов в условиях их эвтрофирования имеют ряд закономерностей. В данных условиях предпочтение и наилучшие условия для выживания получают рыбы в следующей последовательности: лососевые→сиговые→корюшковые→окуневые→карповые. С увеличением загрязненности воды возрастает доля карповых рыб. Подобные процессы характерны для водных экосистем различного ранга. Например, аналогичные процессы регистрируются в Онежском озере, где наблюдается смена в сообществе доминирующего ранее комплекса лососевых и сиговых на сиговых-корюшковых-окуневых (Решетников и др., 1982).

Проблема антропогенного эвтрофирования вод и трансформации сообществ гидробионтов в настоящее время становится вполне реальной для субарктических водоемов, к числу которых можно отнести и водоемы Мурманской области (Денисов, 2010а, б, в). Для относительно молодых пресноводных экосистем Северной Фенноскандии развитие процессов эвтрофирования во многом обусловлено усилением антропогенного влияния приводящего к значительному поступлению биогенных веществ различного происхождения в водоемы. Ранее было установлено, что среди водоемов региона протекание процессов антропогенного эвтрофирования характерно для оз.Имандра (плес Большая Имандра) (Moiseenko et al., 2001).

В данной работе представлены результаты проведенных в последние годы исследований изменений в структуре рыбной части сообществ водоемов Мурманской области в связи с изменением их трофического статуса.

## Материалы и методы

Результаты исследований основаны на архивных и опубликованных материалах ихтиологических работ на территории Мурманской области, а также собственных данных по оценке состояния рыбной части сообществ различных водоемов в период 1990-2011 гг. Район наблюдений охватывает северную, северо-западную и центральную части региона.

Обловы осуществлялись стандартным набором донных сетей длиной 25 м и высотой 1.5 м с размерами ячеек: 16, 20, 31, 36, 40 мм из нейлонового монофиламента с диаметром нити 0.15 мм для сетей с малой ячейкой и 0.17 мм для сетей с большой ячейкой. Это позволяло вылавливать рыб всех возрастных групп с размерами 8-10 см и более. Сети устанавливались в литоральной зоне по одной перпендикулярно берегу, в профундальной зоне – в один ряд до 10 и более сетей.

Только что выловленную рыбу в течение короткого времени подвергали ихтиологической обработке, заключающейся в описании состояния основных показателей организмов рыб (масса, длина, пол, стадия зрелости гонад, степень жирности и наполненности желудка. Определение возраста проводилось с применением ранее описанных методик (Известия ..., 1956; Правдин, 1966; Мина, 1981; Сметанин и др., 2002).

## Результаты и обсуждение

### 1. Фауна рыб внутренних водоемов Мурманской области

В литературных источниках первые материалы по изучению фауны рыб Мурманской области встречаются в начале первой половины XX века (Алеев, 1914; Крепс, Крогиус, 1924; Крогиус, 1926, 1931; Петров, 1935а, б; Паллон, 1940; Шапошникова, 1940). Исследованиям ихтиофауны крупных водоемов Мурманской области в связи с их промысловым использованием, изучению рыбной фауны заповедных территорий и бассейнов лососевых рек, а также оценке влияния промышленности на состояние рыбной части сообществ посвящено значительное количество работ (Берг, Правдин, 1948; Владимирская, 1951, 1966; Азбелев, 1960; Решетников, 1962, 1964, 1966; Галкин и др., 1966; Ксенозов, 1966; Сурков, 1966; Гринюк, 1977; Моисеенко, 1984, 1991, 2002; Рыбохозяйственные исследования ..., 1985; Казаков и др., 1992; Лукин, 1995; Аверинцев, Прищеп, 1999; Кашулин, 1999, 2004; Кашулин и др., 1999; Муравейко и др., 2000; Шарова, 2000; Королева, 2001; Алексеев, 2004; Веселов и др., 2004; Аверинцев, 2005; Берестовский, Ерохина, 2005; Берестовский, Фролов, 2005а,б; Карамушко, Берестовский, 2005; Крылова, Лукин, 2005; Терентьев, 2005).

В целом список видов рыб и круглоротых, населяющих водоемы Мурманской области, может насчитывать 30 видов, относящихся к 23 родам и 13 семействам, включая рыб, обитающих в приустьевых участках и в нижнем течении рек побережья области (табл.1).

Рассматривая распределение видов рыб в водоемах на территории области, можно условно выделить основные доминирующие комплексы в составе ихтиофауны (рис.1). В настоящее время районы с доминирующими комплексами лососевых видов характерны лишь для района Восточного Мурман (I) и небольших горных озер. Здесь обычно встречаются кумжа и арктический голец, повсеместно отмечается щука и налим. Для данного района характерно отсутствие представителей



карповых и окуневых, за исключением бассейна р.Воронья, а также р.Йоканьга, где хорошо распространен обыкновенный сиг (Берестовский, Ерохина, 2005; Берестовский, Фролов, 2005а, б; Карамушко, Берестовский, 2005; Кашулин и др., 2009). Северо-западная часть Мурманской области (II) характеризуется достаточно разнообразными условиями для развития сиговых, окуневых, лососевых, щуковых и хариусовых видов. Здесь отсутствуют карповые, за исключением обыкновенного голяна. В составе фауны рыб равнинных озер, как правило, преобладают сиговые и окуневые (Кашулин и др., 2009).

Таблица 1

Видовой состав ихтиофауны водоемов Мурманской области

| Русское название            | Латинское название                                  | Комментарий   |
|-----------------------------|---|---|
| 1                           | 2   | 3   |
| Семейство миноговые         | Petromyzontidae                                     |   |
| Тихоокеанская минога        | <i>Lethenteron japonicum</i> (Martens, 1868)        | Нет ясных представлений о видовой принадлежности. Ранее описанный подвид сибирской миноги <i>L. japonica kessleri</i> (Берг, 1948) теперь рассматривается в ранге самостоятельного вида <i>L. kessleri</i> (Атлас пресноводных ..., 2003) |
| Сибирская минога            | <i>Lethenteron kessleri</i> (Anikin, 1905)          |   |
| Семейство осетровые         | Acipenseridae                                       |   |
| Атлантический осетр         | <i>Acipenser sturio</i> Linnaeus, 1758              | Редкий вид, ареал которого включает бассейны Белого и Баренцева морей. Имеются свидетельства двух случаев захода в беломорские реки (Сурков, 1966)  |
| Семейство лососевые         | Salmonidae  |   |
| Горбуша                     | <i>Oncorhynchus gorbusha</i> (Walbaum, 1792)        | Интродуцированный вид, встречается в бассейнах рек Баренцева и Белого морей   |
| Микижа, радужная форель     | <i>Parasalmo mykiss irideus</i> (Walbaum, 1792)     | Интродуцированный вид, отмечается в оз.Имандра, а также ряде рек Восточного Мурмана   |
| Атлантический лосось, семга | <i>Salmo salar</i> Linnaeus, 1758                   | Ценный промысловый проходной вид, встречается в бассейнах рек Баренцева и Белого морей  |
| Кумжа                       | <i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758                  | Ценный промысловый вид, встречается практически во всех водоемах области, имеются проходные и полупроходные формы   |
| Арктический голец           | <i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758)          | Ценный промысловый вид, встречается в крупных водоемах центральной части области, восточного побережья, горных озерах, имеются проходные и полупроходные формы  |
| Семейство сиговые           | Coregonidae   |   |
| Обыкновенный сиг            | <i>Coregonus</i> (Linnaeus, 1758)                   | Ценный промысловый вид, распространен в озерах и реках области, образует несколько экологических форм, отличающихся местами обитания и типом питания  |
| Сиг-пыжьян                  | <i>Coregonus lavaretus pidschian</i> (Gmelin, 1788) | Видовая принадлежность не вполне однозначна. Ряд авторов рассматривают его как подвид <i>C. lavaretus</i> , другие выделяют в отдельный вид (Атлас пресноводных ..., 2003)  |
| Европейская ряпушка         | <i>Coregonus albula</i> (Linnaeus, 1758)            | Распространена главным образом в пределах крупных озерно-речных систем, интродуцирована в бассейне р.Пасвик   |

| 1                            | 2  | 3  |
|------------------------------|--|--|
| Белорыбца,<br>нельма         | <i>Stenodus leucichthys</i><br>(Güldenstädt, 1772)   | Имеются сведения о поимке в бассейне<br>р.Поной (Сурков, 1966)   |
| Семейство<br>хариусовые      | Thymallidae  |  |
| Европейский<br>хариус        | <i>Thymallus thymallus</i><br>(Linnaeus, 1758)       | Повсеместно встречается в водоемах области   |
| Семейство<br>корюшковые      | Osmeridae  |  |
| Азиатская<br>зубатая корюшка | <i>Osmerus mordax dentex</i><br>(Steindachter, 1870) | Встречается в приустьевых участках рек области,<br>относящихся к Баренцеву и Белому морям  |
| Европейская<br>корюшка       | <i>Osmerus eperlanus</i><br>(Linnaeus, 1758)         | Достаточно многочисленна в оз.Имандра и неко-<br>торых придаточных водоемах его бассейна,<br>встречается в Ковдозере (Князегубское водо-<br>охранилище). Интродуцирована в Верхнетулом-<br>ское водохранилище, где в настоящее время<br>также имеет широкое распространение по всей<br>протяженности р.Тулома и, по-видимому, р.Кола |
| Семейство<br>щуковые         | Esocidae   |  |
| Обыкновенная<br>щука         | <i>Esox lucius Linnaeus, 1758</i>                    | Повсеместно встречается в водоемах области   |
| Семейство<br>речные угри     | Anguillidae  |  |
| Речной<br>угорь              | <i>Anguilla anguilla</i><br>(Linnaeus, 1758)         | Редкий вид, имеются отдельные сведения о захо-<br>дах в реки побережья Белого моря и Западного<br>Мурмана (Сурков, 1966)   |
| Семейство<br>окуневые        | Percidae   |  |
| Обыкновенный<br>ерш          | <i>Gymnocephalus cernuus</i><br>(Linnaeus, 1758)     | Встречается в пределах крупных озерно-речных<br>систем, преимущественно в водоемах централь-<br>ной и южной частей области   |
| Речной<br>окунь              | <i>Perca fluviatilis Linnaeus, 1758</i>              | Повсеместно встречается в водоемах области,<br>за исключением северо-восточного района в<br>пределах рек Воронья и Поной   |
| Семейство<br>налимовые       | Lotidae  |  |
| Налим                        | <i>Lota lota (Linnaeus, 1758)</i>                    | Повсеместно встречается в водоемах области   |
| Семейство<br>карповые        | Cyprinidae   |  |
| Обыкновенный<br>гольян       | <i>Phoxinus phoxinus</i><br>(Linnaeus, 1758)         | То же  |
| Плотва                       | <i>Rutilus rutilus (Linnaeus, 1758)</i>              | Характерна для южных водоемов области вплоть<br>до бассейна р.Поной, где она чрезвычайно много-<br>численна. Отмечается в бассейне р.Вороньей  |
| Язь                          | <i>Leuciscus idus</i><br>(Linnaeus, 1758)            | Распространен преимущественно в южных<br>водоемах области (Ковдозеро, Канозеро) вплоть<br>до бассейна р.Поной. Редок и фактически<br>не встречается в оз.Имандра   |
| Елец                         | <i>Leuciscus leuciscus</i><br>(Linnaeus, 1758)       | Встречается в бассейне р.Варзуга   |
| Лещ                          | <i>Abramis brama</i><br>(Linnaeus, 1758)             | Встречается на юге Мурманской области в<br>оз. Ковдозеро (Князегубское водохранилище)  |

| 1                    | 2  | 3   |
|----------------------|--|---|
| Обыкновенный карп    | <i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)        | Интродуцированный вид, встречается в губе Молочная оз.Имандра и изредка в других частях озера. Поддерживает популяцию за счет постоянного поступления подогретых вод Кольской АЭС |
| Семейство колюшковые | Gasterosteidae                                 |   |
| Девятииглая колюшка  | <i>Pungitius pungitius</i> (Linnaeus, 1758)    | Повсеместно встречается в водоемах области  |
| Трехиглая колюшка    | <i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758   | Характерна для водоемов побережья Баренцева моря, бассейна р.Нива, также может встречаться в прибрежных участках Белого и Баренцева морей   |
| Семейство камбаловые | Pleuronectidae                                 |   |
| Речная камбала       | <i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)     | Встречается в приустьевых участках рек области, относящихся к Баренцеву и Белому морям  |
| Полярная камбала     | <i>Liopsetta glacialis</i> (Pallas, 1776)      | То же   |
| Семейство керчаковые | Cottidae                                       |   |
| Четырехрогий бычок   | <i>Trigloporus quadricornis</i> (Sabine, 1824) | «   |

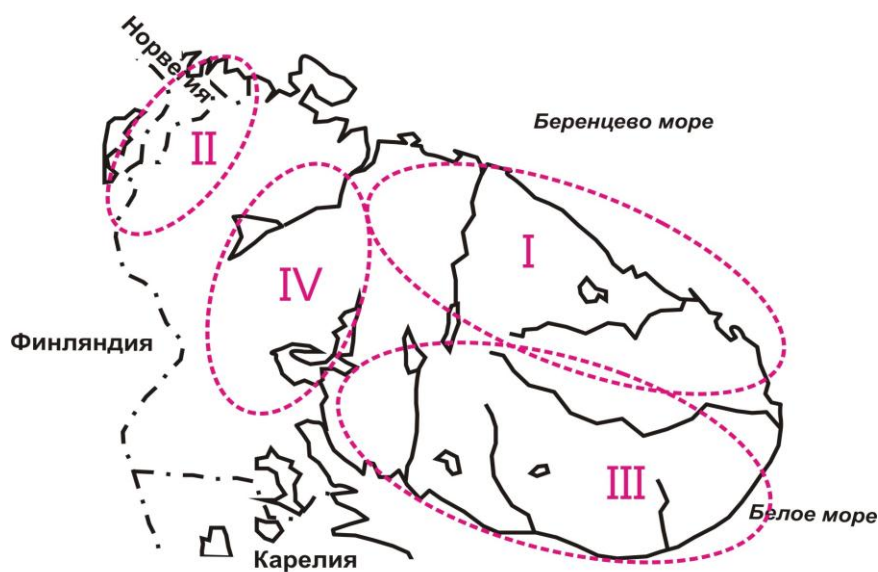


Рис.1. Схема основных доминирующих комплексов видов рыб водоемов Мурманской области:

I – район Восточного Мурмана с доминированием лососевых (присутствие иржиковых); II – район северо-запада Мурманской области с доминированием сиговых и окуневых; III – район с доминированием окуневых, карповых (снижение доли сиговых); IV – район с доминированием окуневых, корюшковых (снижение доли лососевых и сиговых)

Наибольшее количество видов пресноводной ихтиофауны характерно для юго-западной части Мурманской области (III). Помимо широко распространенных представителей фауны рыб, здесь отмечаются такие виды, как плотва *Rutilus rutilus*, елец *Leuciscus leuciscus* и язь *Leuciscus idus* (Сурков, 1966; Калужин, 2003). Следует отметить, что, несмотря на доминирование представителей лососевых в реках, озерные экосистемы характеризуются преобладанием карповых и окуневых по сравнению с сиговыми видами. Исключение могут составлять крупные сохраняющие черты олиготрофности водоемы данной области, где основу ихтиоценозов составляют сиговые и лососевые рыбы.

Центральная область Мурманской области (IV), где расположены наиболее крупные водоемы, является наиболее индустриально развитой, что обуславливает значительно более высокую нагрузку на водоемы, в том числе усиливающую интенсивность антропогенного эвтрофирования вод (Антропогенные модификации ..., 2002; Moiseenko et al., 2001). Кроме того, в водоемах данной части (бассейны рек Нива, Кола, Тулома), помимо типичных для региона видов рыб, широко распространена европейская корюшка. Для оз.Имандра известны виды-интродуценты (радужная форель и обыкновенный карп), которые сформировали в водоеме способные к воспроизводству популяции. В водоемах указанных бассейнов трансформации рыбной части сообщества в настоящее время регистрируются наиболее отчетливо, что было показано в ходе наших исследований.

## **2. Современная структура рыбной части сообществ Мурманской области**

### ***Северо-восточная часть (I). Восточный Мурман***

Среди водоемов и водотоков Восточного Мурмана, где доминирующими видами являются представители семейства лососевых, фауна рыб наиболее богата для бассейнов рек Йоканьга и Воронья. В последней встречаются представители семейства сиговых (обыкновенный сиг, европейская ряпушка), хариусовых (европейский хариус), окуневых (речной окунь, обыкновенный ерш), карповых (плотва). Многочисленные притоки, имеющие обширные озерные системы, являются местом обитания различных морфологических форм сига, кумжи, гольца, щуки, налима, голяна, девятииглой колюшки (Сурков, 1966; Атлас ..., 2003; Берестовский, Ерохина, 2005; Берестовский, Фролов 2005а, б).

В целом же основу фауны рыб водоемов этого района составляют арктический голец и кумжа. В ряде водоемов соотношение этих видов может быть практически одинаковым (Енозеро, Титовское). Имеются озера, в которых встречается лишь голец (оз.Коровье) либо кумжа (оз.Долгое). Для большинства водоемов данного района, где лососевые являются зачастую единственными представителями рыбной фауны, структура ихтиоценозов, вероятно, может оставаться без изменений достаточно долго в масштабах естественных процессов эволюции водоемов. В подобных случаях могут образовываться различные экологические формы одного вида (тугорослые, хищники, проходные, полупроходные).

### **2.2. Северо-западный район (II). Бассейн реки Пасвик**

Бассейн р.Пасвик, расположенный в приграничном районе Норвегии, Финляндии и России, представляет собой цепь водохранилищ и является наиболее типичным примером экосистемы северо-западной части Мурманской области. Здесь при усилении влияния промышленного загрязнения, изменении гидрологического режима, рекреационной нагрузки, интенсивном развитии рыбоводства и сельского хозяйства радикально изменяются условия обитания гидробионтов, что обуславливает и структурные перестройки их сообществ.

Список видов пресноводных рыб данного района включает 16 видов рыб, но ряд видов (морская минога, тихоокеанская минога и атлантический осетр) в уловах не встречаются, хотя границы ареалов этих видов захватывают район исследований (Берг, Правдин, 1948; Берг, 1949; Сурков, 1966; Eggan, Johnsen, 1983; Holcik, 1986; Pethon, 1989). Отсутствует здесь в настоящее время и семга, поскольку ее распространение в реке ограничивается каскадом Пазских ГЭС, являющимся преградой для ее миграции. Известно, что она встречается в нижней части реки (Noest et al., 1991). Кроме того, отмечаются также голянь, трехиглая колюшка, налим, хариус. Новым видом является европейская ряпушка *Coregonus albula* (L), акклиматизированная в финском оз.Инари (Toivonen, 1960), из которого вытекает р.Пасвик, и распространяющаяся в настоящее время по системе реки. Ранее ряпушка в водоемах системы р.Пасвик не обитала, хотя и широко распространена в более южных озерах Кольского п-ова (Смирнова, Ермакова, 1977; Решетников, 1980; Моисеенко и др., 1991). До строительства каскада Пазских ГЭС рыбы, обитающие в системе р.Пасвик – оз.Инари, могли легко мигрировать в обоих направлениях. Анализ популяций рыб из различных частей р.Пасвик, отделенных плотинами ГЭС, и оз.Куэтсиярви показывает, что плотины не являются препятствиями для покатных миграций различных видов рыб вниз по течению. Об этом свидетельствует распространение вдоль всей системы реки интродуцированной в оз.Инари ряпушки и меченной в Финляндии молоди кумжи (Amundsen, Staldivik, 1993). Наибольшее количество рыб, очевидно, преодолевает плотины в паводковые периоды, когда избытки воды сбрасываются через шандоры плотин.

Согласно мнению Л.А.Жакова (1984), ядро ихтиоценозов равнинно-сиговых водоемов Кольского п-ова составляют 6 видов: окунь, щука, налим, голянь, сиг, хариус. Однако, исходя из доли в общей биомассе и численности рыбной части сообществ водоемов системы р.Пасвик, мы полагаем, что в начале 1990-х гг. ядро рыбной части сообщества изученных водоемов составляли: среднетычинковые сиви, малотычинковые сиви, окунь, щука, налим, кумжа. Причем сиви составляли большую часть биомассы, и их популяции были наиболее значимыми в структуре рыбной части сообщества. Две формы сига занимали различные экологические ниши, и их можно рассматривать как эквивалентные самостоятельным видам (Решетников, 1980).

Сиви, обитающие в системе р. Пасвик, имеют от 16 до 40 жаберных тычинок различной формы (Kashulin et al., 1997). Распределение численности рыб по числу жаберных тычинок имеет два пика (рис.2), что позволяет в совокупности с другими признаками выделить две формы: средне- и малотычинковые сиви.

К группе среднетычинковых сивов относятся рыбы с удлинёнными тонкими жаберными тычинками, количество которых изменяется от 28 до 41 (рис.3). В питание этих рыб в начале 1990-х гг. входили преимущественно планктонные организмы (до 93%). Однако в желудках, особенно крупных особей, встречались и водные личинки насекомых (в основном хирономиды). Группа малотычинковых сивов характеризуется жаберными тычинками короткой утолщенной формы количеством менее 28 (рис.3). Питание этих сивов составляют бентосные организмы и воздушные насекомые. Следует отметить, что среди сивов с числом жаберных тычинок 26-30 могут встречаться как мало-, так и среднетычинковые. Для разделения таких рыб на формы необходимо учитывать особенности питания и ряд морфологических признаков: форма жаберных тычинок, положение рта и др. Распределение двух форм сивов по числу жаберных тычинок в различных районах системы р.Пасвик показано на рис.4.

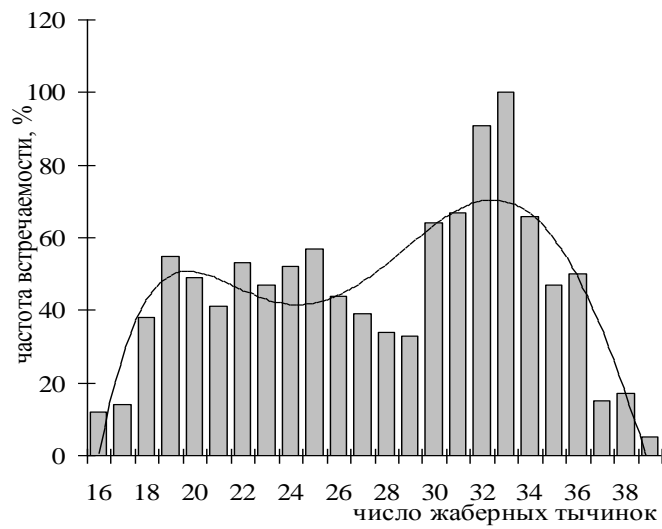


Рис.2. Распределение численности сигов из водоемов системы р.Пасвик по числу жаберных тычинок (n=1312)

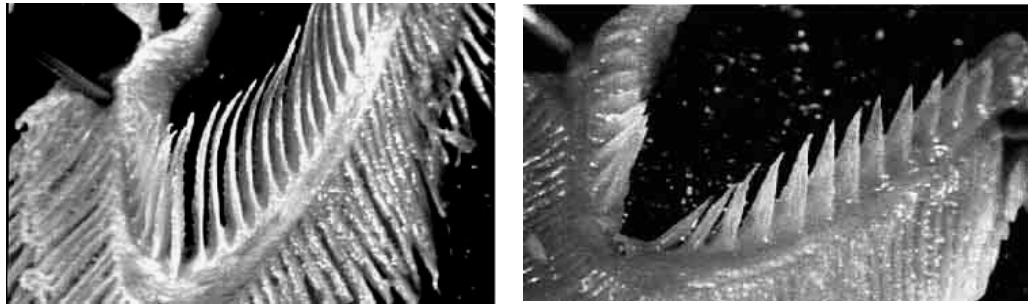


Рис.3. Жаберные тычинки двух форм сига из водоемов системы р.Пасвик (справа – среднетычинковый сиг, слева – малотычинковый сиг)

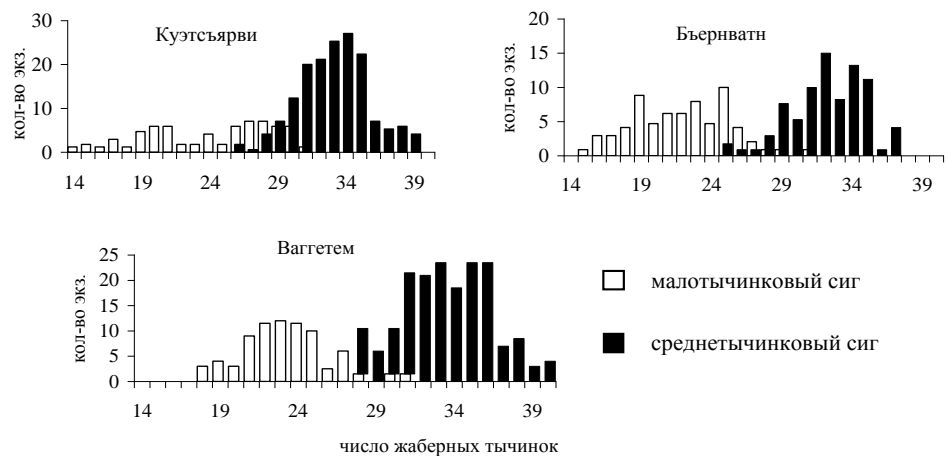


Рис.4. Распределение численности двух форм сига по числу жаберных тычинок в различных районах системы р.Пасвик

Начало 90-х годов прошлого столетия характеризовалось численным доминированием среднетычинковых сигов над малотычинковыми в различных районах бассейна реки в соотношении 3:1. Однако такое соотношение не сохранялось для различных зон в пределах одного водоема, что связано с особенностями экологии этих форм.

Так, по материалам уловов на различных плесах р.Пасвик, в начале 1990-х гг. среднетычинковый сиг полностью доминировал в пелагической зоне. В литорали и профундали озер, как правило, доминировала малотычинковая форма и окунь. В отдельные периоды (1992 г.), однако, среднетычинковый сиг преобладал в уловах и в этих зонах (рис.5) (Amundsen, Staldivik, 1993).

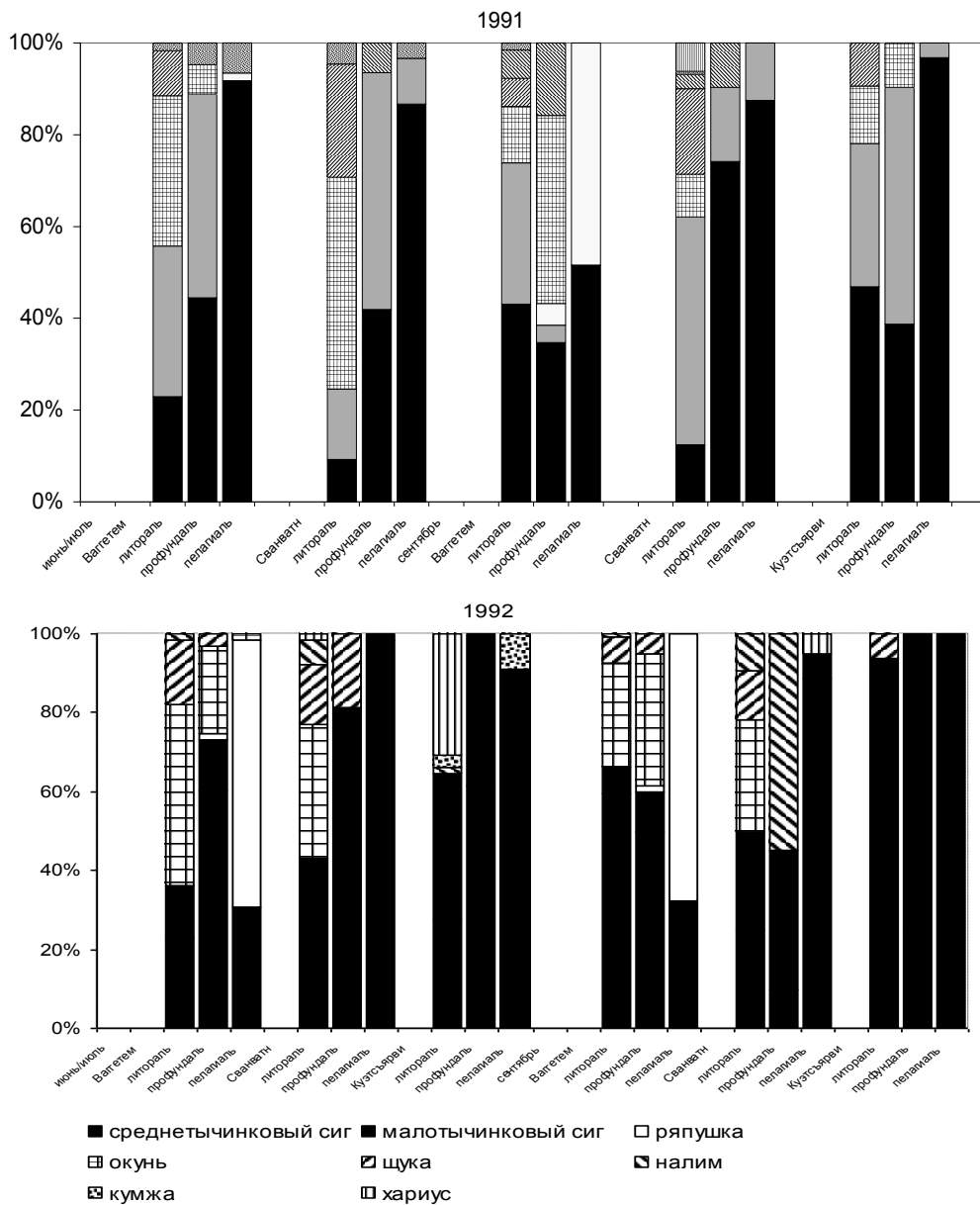


Рис.5. Видовой состав уловов начала 1990-х гг. в различных водоемах системы р.Пасвик

На период 1991-1992 гг. в верховьях р.Пасвик (Ваггетем), в пелагической зоне, ряпушка составляла значительную конкуренцию среднетычинковым сигам. В целом же сиги оставались доминирующим видом в уловах. Следует отметить, что в начале 1990-х гг. численность хищников (щука, окунь) была не велика и места их обитания были приурочены, как правило, к литоральной зоне. Возрастная структура их была крайне неравномерной, и наблюдалось полное отсутствие отдельных возрастных групп. Это связано с провалом воспроизводства весенненерестующих видов в отдельные годы. Как уже отмечалось, именно весенний период при аэротехногенном характере загрязнений отличается наибольшими нагрузками на водоемы. И наиболее критические стадии онтогенеза у этих видов (эмбриональные, личиночные) испытывали пиковые нагрузки веществ-загрязнителей. Поэтому численность взрослых особей этих видов определялась, прежде всего, успешностью процессов воспроизводства и выживания ранних стадий.

Вторая половина 1990-х гг. для рыбной части сообщества р.Пасвик характеризовалась существенными изменениями ее структуры, что было обусловлено, с одной стороны, вторжением вида-вселенца (ряпушки) и снижением уровня техногенной нагрузки, с другой. Интродукция ряпушки в небольшие придаточные водоемы озера оз.Инари в 1950-1960 гг. впоследствии привела к тому, что уже в 1973 г. данный вид впервые был зарегистрирован в самом оз.Инари, где достиг значительной численности менее чем за десятилетний период (Mutenia, Ahonen, 1990; Mutenia, Salonen, 1992, 1994). Позднее началась миграция ряпушки по всей системе р.Пасвик. Первые экземпляры ряпушки в верховье реки были отмечены в 1989 г. (Amundsen et al., 1999). В период с 1991 по 1995 гг. ряпушка расселилась по всей системе реки Пасвик (табл.2).

Таблица 2

Хронология регистрации ряпушки в различных водоемах системы р.Пасвик в период с 1991 по 2010 гг.

| Район        | Расстояние от устья, км | 1991 г. | 1992 г. | 1993 г. | 1995 г. | 1998 г. | 2010 г. |
|--------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Хестефосс    | 100                     | -       | +       | -       | +       | -       | +       |
| Рускебукта   | 85                      | +       | +       | +       | +       | +       | +       |
| Ваггетем     | 80                      | +       | +       | +       | +       | +       | +       |
| Лангватн     | 60                      | -       | 0       | -       | +       | -       | +       |
| Куэтсьярви   | 30                      | 0       | 0       | -       | +       | +       | +       |
| Сванватн     | 30                      | 0       | +       | -       | +       | +       | +       |
| Бьерневатн   | 20                      | 0       | 0       | +       | +       | +       | +       |
| Скрюккебукта | 15                      | -       | 0       | +       | +       | +       | +       |

ПРИМЕЧАНИЯ: 2010 г. – современная ситуация, остальные годы – данные (Amundsen et al., 1999); + – ряпушка присутствует; 0 – ряпушка отсутствует; - – пробы не отбирались.

Впервые в водохранилище Ваггетем ряпушка была зафиксирована в 1991 г. В этот период сиги были доминирующим видом во всех зонах, причем среднетычинковые сиги составляли 63% от всех выловленных рыб в этом водоеме. Осенью численность ряпушки значительно возросла, в основном она была приурочена к профундальной зоне, где составила 37% уловов. В профундальной зоне средне- и малотычинковые сиги составляли 58 и 38% соответственно, а в литорали – приблизительно по 46%, ряпушка здесь полностью отсутствовала (рис.6). Однако уже осенью 1992 г. в пелагиали водохранилища Ваггетем ряпушка составляла до 63% уловов, соответственно,



снизилась доля среднетычинковых сига; ряпушка стала доминирующим видом в этой зоне. Хотя в 1992 г. среднетычинковые сига продолжали в целом оставаться доминирующими, их численность снижалась, ряпушка вытесняла их в другие зоны – литоральную и профундальную, где их доля возрастала. В 1995-1998 гг. ряпушка полностью доминировала в пелагиали. В пелагической зоне водохранилища Ваггетем в 1998 г. ряпушка составляла 78,9% (рис.6), причем в этих водоемах ряпушка присутствовала во всех трех зонах. В водоеме Ваггетем ряпушка стала доминирующим видом, при этом численность среднетычинковых сига здесь резко уменьшилась, хотя доля малотычинковых сига несколько возросла. Доминирующим видом в литоральной и профундальной зоне стал окунь.

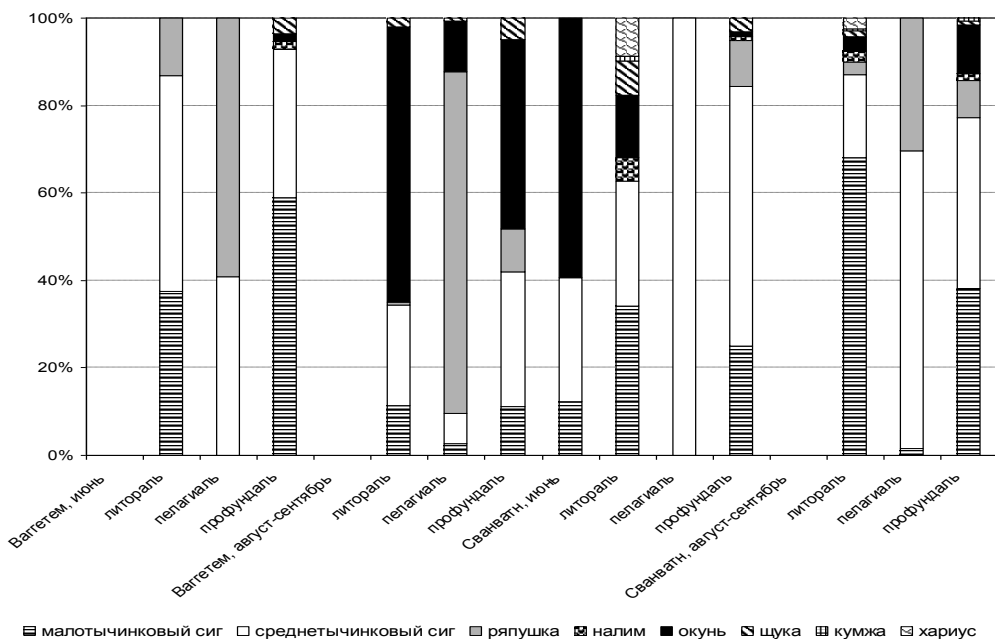


Рис.6. Видовой состав уловов 1998 г. в различных водоемах системы р.Пасвик

В районе Сванватн единичные экземпляры ряпушки были выловлены впервые в 1992-1993 гг. в пелагической зоне. Численность ее в уловах в последующие два года в этой зоне возросла до 30% и сохранялась на этом уровне до 1998 г. Следует отметить, что темпы роста ряпушки во всех исследованных районах бассейна реки были наиболее стремительными в первые два года жизни с резким снижением в последующие годы (рис.7), после достижения половой зрелости. В оз.Инари ряпушка может достигать размеров более 20 см и темпы ее роста значительно выше (Mutenia, Salonen, 1992). Низкие темпы роста ряпушки в р.Пасвик, вероятно, отражают создавшуюся напряженность в пищевых ресурсах.

Изучение особенностей питания ряпушки как планктонофага в новой среде обитания выявило значительное влияние данного вида на видовую и размерную структуру зоопланктона (Bohn, Amundsen, 1998). Кроме того, активное распространение ряпушки в системе реки привело к усилению ее конкуренции за кормовые ресурсы со среднетычинковым сегом. Последний уступает ей в эффективности цедильного аппарата. Результатом таких процессов стало постепенное смещение рациона среднетычинкового сига от зоопланктона (начало 1990-х гг.)

к бентосным организмам и воздушным насекомым (вторая половина 1990-х гг.). Уже 1993 г. зоопланктон составлял только 20% пищевого рациона среднетычинковых сига в районе Ваггетем, а у ряпушки – 70%. Остальная доля содержимого желудков приходилась на донные организмы и воздушных насекомых. В Сванватне, где пресс ряпушки был ниже, зоопланктон составлял 95% пищевого рациона среднетычинковых сига (Bohn, Amundsen, 1998; Amundsen et al., 1999). Появление в питании ряпушки, обитающей в верховьях реки, бентосных и наземных организмов свидетельствует о недостаточности запасов зоопланктона для покрытия пищевых потребностей всех планктонофагов.

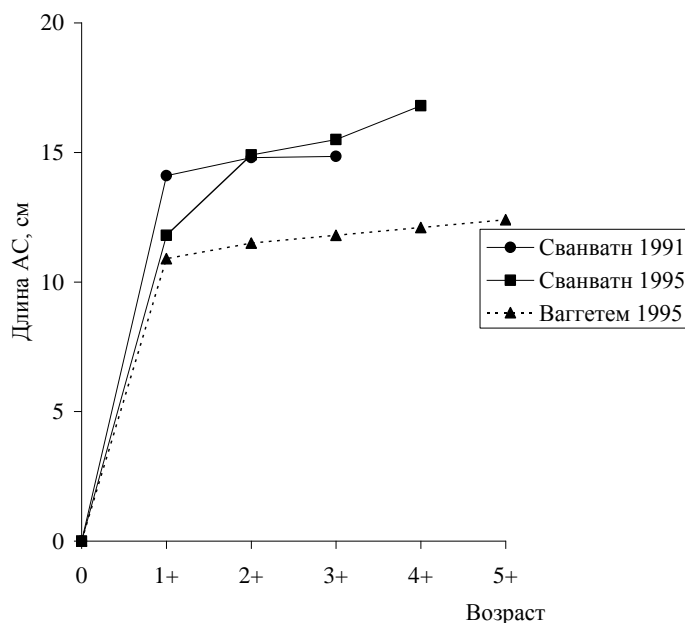


Рис.7. Кривые роста ряпушки из различных районов системы р.Пасвик (Amundsen et al., 1999)

Снижение темпов роста ряпушки может быть также обусловлено техногенной нагрузкой и ранним наступлением половой зрелости. За весь период исследований и во всех районах половая зрелость ряпушки наступала в возрасте 1+ при минимальных размерах 8-9 см. Более 90% рыб в этом возрасте и старше осенью были готовы к нересту. Вероятнее всего, на снижение темпов роста ряпушки водоемов системы р.Пасвик влияет весь этот комплекс факторов. Синтез гамет, как известно, требует значительных энергетических затрат и вызывает существенное перераспределение ресурсов организма (Diana, MacKay, 1979; Wootton, 1979; Diana, 1983).

Вселение ряпушки внесло значительные изменения в структуру рыбной части сообщества водоемов системы р.Пасвик (Решетников, 1980; Svardson, 1976; Nilsson, 1979). Резкое увеличение ее численности стало дополнительным стрессовым фактором для сига с планктонным типом питания на фоне значительного влияния загрязнения вод тяжелыми металлами. Среднетычинковый сиг был вытеснен из пелагической зоны в профундальную и литоральную. В свою очередь, он создал конкурентные взаимодействия за пищевые объекты с малотычинковой формой. Таким образом,

вторжение ряпушки в дальнейшем может оказать негативный эффект на обе рассматриваемые формы сига. И если от малотычинковой формы следует ожидать более уверенной конкуренции за существование, дальнейшее развитие среднетычинкового сига будет сопряжено со значительными трудностями. Ряпушка же прочно обосновалась в пелагиальной зоне, и ее численность будет определяться темпами воспроизводства (естественное и за счет миграции из оз. Инари, зависимое от гидрологических условий), колебаниями биомассы зоопланктона и прессом хищников.

Увеличение численности ряпушки и вытеснение среднетычинковых сигов в литоральную и профундальные зоны на фоне снижения техногенной нагрузки создали благоприятные условия для увеличения численности хищных видов, прежде всего это кумжа и окунь. Однако следует учитывать загрязнение среды обитания тяжелыми металлами. В этих условиях естественное воспроизводство кумжи проблематично и ее численность в водоемах системы р.Пасвик будет определяться деятельностью рыбоводных заводов. Увеличение численности окуня наблюдается в водоеме Ваггетем. Как известно, окунь занимает три пищевые ниши: младшие возрастные группы питаются зоопланктоном, особи средних размеров потребляют донные организмы, старшие рыбы становятся хищниками (Жаков, 1984). Увеличение численности окуня создает дополнительное напряжение в обеспеченности сигов пищевыми ресурсами.

Для нижней части системы р.Пасвик, по сравнению с участками среднего течения, характерна более высокая аэротехногенная нагрузка и отсутствие достаточного количества участков для воспроизводства ряпушки. Поэтому структура рыбной части сообществ этого участка реки во многом будет зависеть от того, сможет ли ряпушка приспособиться к их условиям. Однако можно предположить, что данный вид займет доминирующее положение во всех водоемах системы, включая оз.Куэтсъярви, за счет усиления процессов антропогенной эвтрофикации и продуктивности зоопланктона. Исследования, проведенные в 1995 и 1998 гг., показали, что численность ряпушки в водоеме Сванватн практически не увеличивается и среднетычинковые сиги продолжают доминировать. Вероятно, это связано с тем, что ряпушка не смогла еще до конца приспособиться к условиям воспроизводства в нижнем течении реки.

Современная структура рыбной части сообщества бассейна характеризуется доминированием сиговых рыб (рис.8) за счет внутривидовых механизмов, поддерживающих значительную численность (State ..., 2007).

Наиболее высокие показатели размерно-весовых характеристик среднетычинкового сига характерны для бассейна р.Пасвик, в особенности для районов Ваггетем (до 762 г и 37.4 см) и Хестефосс (до 1275 г и 44.2 см). Наименьшие значения данных показателей отмечались у рыб в наиболее интенсивно загрязняемом оз.Куэтсъярви (2 г и 7.5 см). Малотычинковый сиг р.Пасвик, по результатам наших работ, имеет наиболее высокие показатели массы и линейных размеров в водохранилище Ваггетем – до 1280 г и 44.0 см (рис.9). Минимальными же величинами данных показателей также характеризовался малотычинковый сиг оз.Бьернватн (4.1 г и 7.7 см). Следует отметить, что размерно-весовые характеристики средне- и малотычинковых сигов р.Пасвик имеют тенденцию к росту в последовательности: Инари – Раякоски – Ваггетем, то есть вниз по течению реки. В дальнейшем вблизи предприятия «Печенганикель» в оз.Куэтсъярви размерно-весовые показатели снижаются и далее вновь возрастают по мере удаления водоема от источника загрязнения (Скрюккебухта).

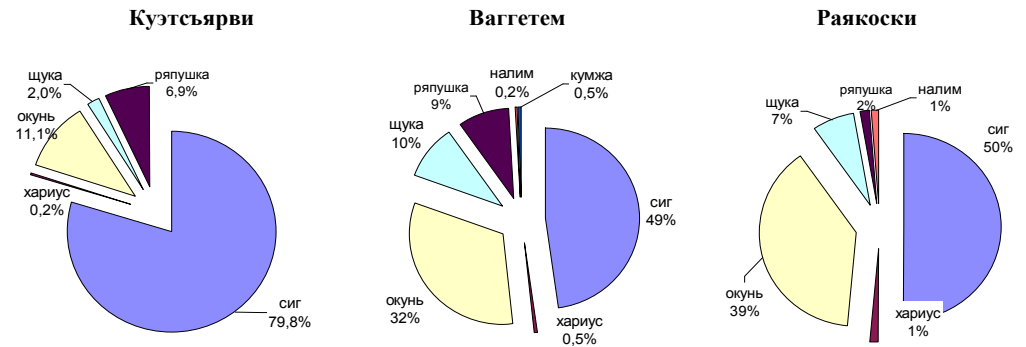
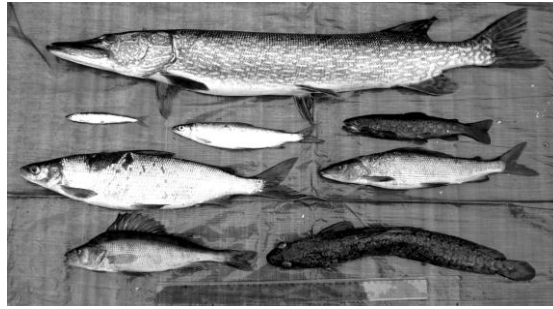


Рис.8. Представители ихтиофауны и их соотношение в уловах бассейна р.Пасвик

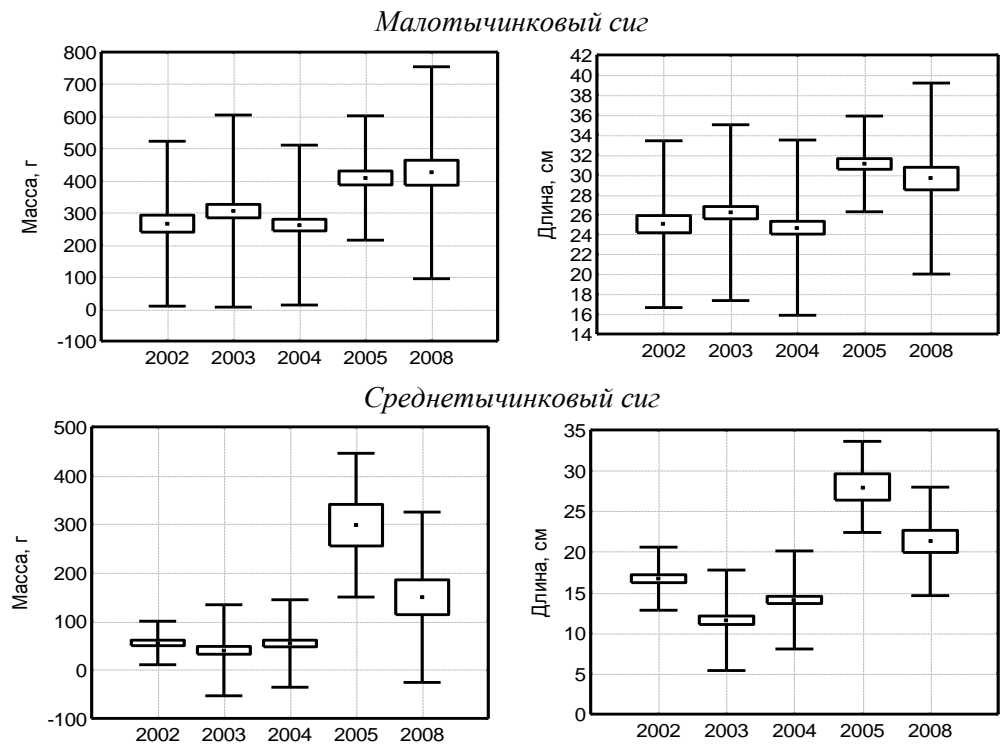


Рис.9. Многолетнее размерно-весовое распределение мало- и среднетычинкового сига водохранилища Ваггетем (среднее, ст. ошибка, ст. отклонение)

В водохранилищах Ваггетем и Раякоски, испытывающих меньшую аэротехногенную нагрузку, наряду с сиговыми увеличивается доля окуневых (рис.8). Средние размерно-весовые показатели окуня в пределах бассейна реки варьируют. Наиболее крупные особи также отмечаются в среднем течении реки (длиной до 33.4 см при массе более 600 г).

С вселением и развитием ряпушки более широкого распространения в пределах бассейна достигла кумжа и щука. В системе р.Пасвик щука характеризовалась наиболее высокими показателями массы и длины в водохранилище Ваггетем за весь период наблюдений, следует отметить тенденцию к росту размерно-весовых показателей во времени (рис.10).

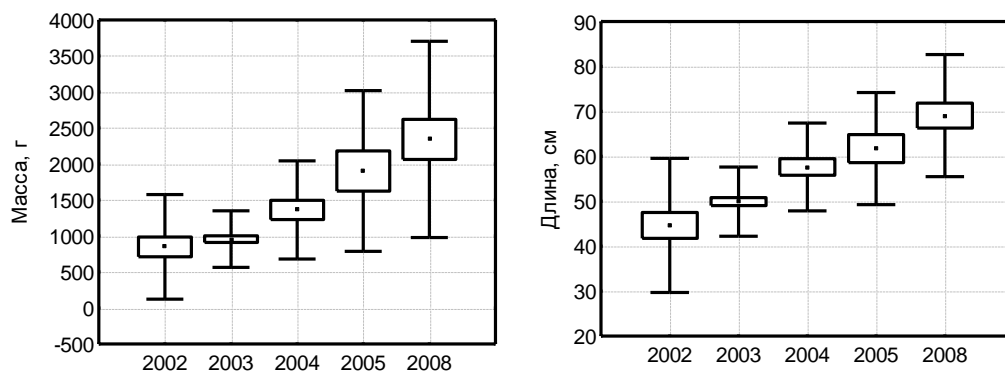


Рис.10. Многолетнее размерно-весовое распределение щуки р.Пасвик (среднее течение)

Сравнительный анализ основных биологических показателей выявил, что рыбы исследованных водоемов характеризуются наиболее высокими значениями линейных размеров и массы в озерах лесной зоны и верхнего и среднего течения р.Пасвик. Наиболее низкие показатели длины и массы рыб характерны для наиболее интенсивно загрязняемых водоемов – оз.Куэтсьярви и Скрюккебухты. Необходимо отметить, что у сигов двух форм во всех исследованных водоемах в целом отмечается снижение размерно-весовых показателей. Напротив, у щук и окуней системы р.Пасвик средние величины длины и массы рыб в выборках 2008 г. были выше по сравнению с данными предыдущих исследований. Относительно низкие показатели рыб Скрюккебухты и Бьернватна, очевидно, связаны с более высокой аэротехногенной нагрузкой на данные водоемы. Вместе с тем, рост размерных и весовых показателей хищных видов рыб может свидетельствовать о намечающихся тенденциях улучшения среды нижнего течения р.Пасвик.

Свидетельством снижения уровня аэротехногенной нагрузки на водоемы бассейна р. Пасвик отчасти может служить снижение уровней накопления меди и никеля в тканях сигов. Однако для щуки и окуня эта тенденция обратная (рис.11). Остается также неизменной картина протекания патологических процессов у рыб, указывающая на сохраняющуюся высокую токсичность среды. Кроме того, особое внимание привлекает наметившаяся тенденция к росту содержания ртути в рыбе. Подобные процессы характерны практически для всех водоемов северо-запада Мурманской области.

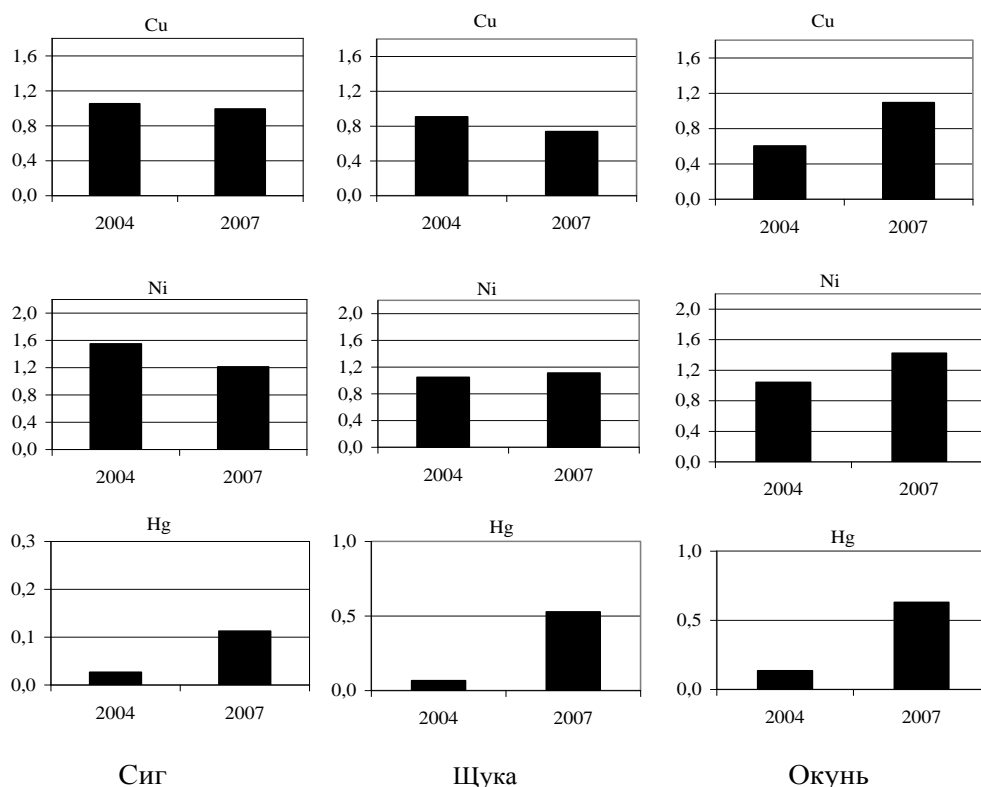


Рис.11. Динамика уровней накопления тяжелых металлов в мышцах рыб оз.Куэтсъярви, мкг/г сух. веса

Рассматриваемый бассейн является примером комплексного влияния различных факторов на структуру гидробионтов, и в особенности на рыбную часть сообщества. С одной стороны, в современных условиях изменения в сообществе рыб могут развиваться по закономерному сценарию последовательной смены сиговых окуневыми рыбами. Однако в условиях токсичной среды сиговые рыбы за счет раннего созревания поддерживают высокую численность (оз.Куэтсъярви). С другой стороны, вселение нового вида также вносит весомый вклад в формирование структуры ихтиофауны. Интенсивное развитие ряпушки в водоеме может привести к закономерному увеличению численности хищников, которые в результате будут контролировать численность всех «мирных» видов.

### 2.3. Юго-западная часть (III). Бассейн реки Поной

Изучение рыбной части сообщества водоемов бассейна р.Понной проводилось на двух относительно крупных озерах – Макаровское (входит в состав р.Пятчема) и Песочное (р.Кривая Речка) в 2002 г. в рамках проекта по оценке влияния процессов азротехногенного загрязнения на пресноводные экосистемы Субарктики.

В целом состав ихтиофауны водоемов среднего течения данной реки включает такие виды, как обыкновенный сиг, европейская ряпушка, щука, речной окунь, налим, хариус, плотва, язь, обыкновенный голец, девятииглая колюшка.

В оз.Макаровское распространен малотычинковый сиг. Основу выборки сига данного водоема составляли рыбы длиной 26-30 (средняя 28.8 см), массой 200-350 (средняя 307 г) (рис.12).

В уловах не отмечены особи в возрасте 1+ и 2+, что связано с особенностями водоема, используемого как нагульный. Основу уловов оз. Макаровское в настоящее время составляют особи в возрасте от 4+ до 6+ (рис.13).

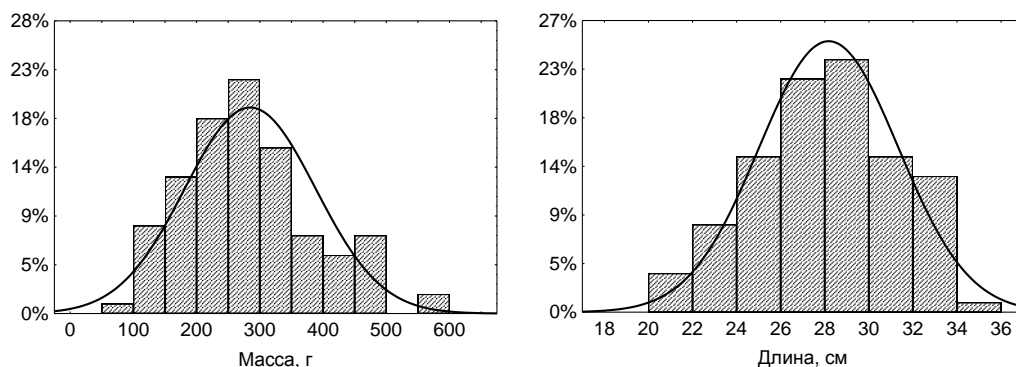


Рис.12. Размерно-весовое распределение сига оз.Макаровское

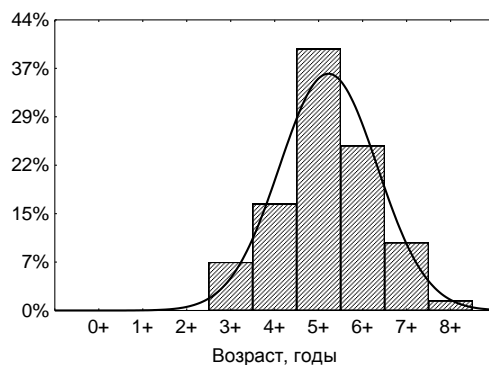


Рис.13. Возрастное распределение сига оз.Макаровское в уловах

В структуре рыбной части сообщества, по материалам уловов, наиболее распространенным видом является плотва. Практически в равном соотношении встречаются окунь и сиг (рис.14).

Состав ихтиофауны оз.Песочное аналогичен предыдущему водоему. Здесь также наиболее распространенной является малотычинковая форма сига. Количество жаберных тычинок варьирует от 20 до 30 (в среднем 25). Рыбы в выборке были представлены небольшим числом возрастных групп в возрасте от 2+ до 7+. Это были особи со средней длиной 25.3 см и массой 186 г. В выборке доминировали рыбы в возрасте от 3+ до 5+ длиной 22-28 см (рис.15).

Наиболее многочисленными в уловах являются сиви в возрасте 4+ (рис.15). Несмотря на то, что рыбы в возрасте 1+ нами не обнаружены, в озере есть участки с песчаным дном, что позволяет говорить о наличии в озере нерестилищ.

Структура сообщества водоема, тем не менее, характеризуется значительным доминированием окуня и плотвы (рис.14).

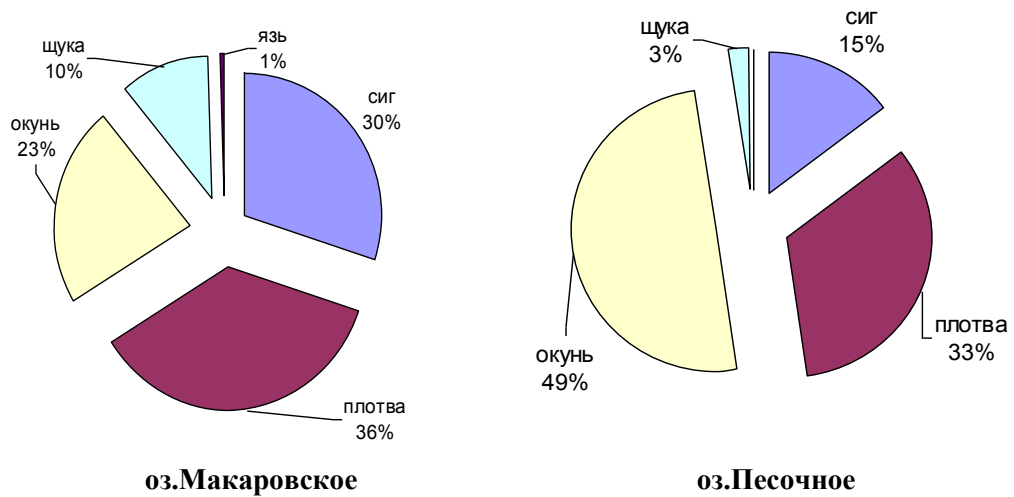


Рис. 14. Соотношение рыб в уловах озера Макаровское и Песочное

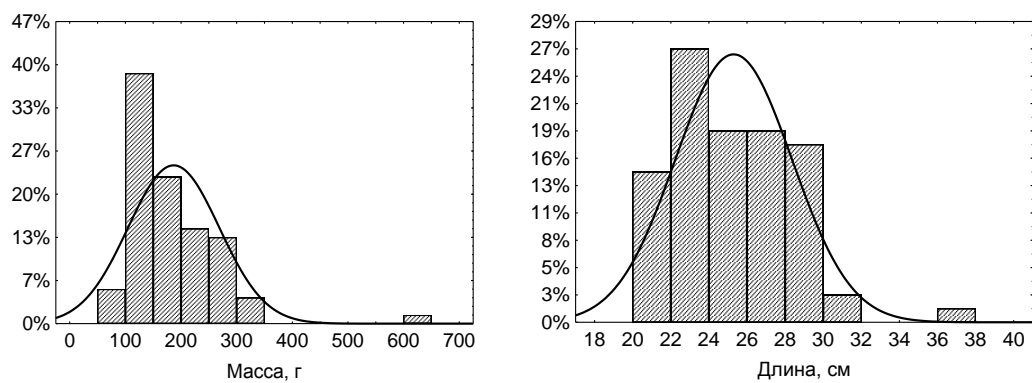


Рис. 15. Размерно-весовое распределение сига оз. Песочное

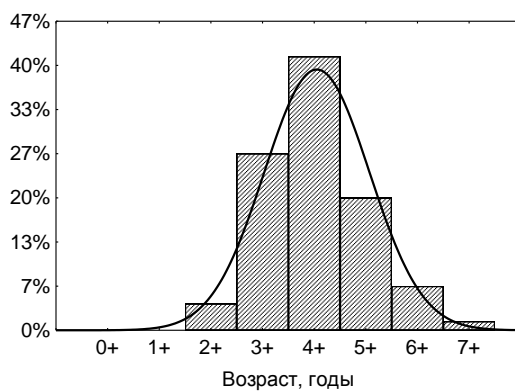


Рис. 16. Возрастное распределение сига оз. Песочное



Необходимо отметить, что, по неопубликованным данным, в настоящее время в бассейнах указанных рек доля плотвы возросла, широкого распространения в пределах среднего течения р.Поной также достиг и язь (рис.17). Таким образом, в рыбной части сообществ рек Пятчема и Кривая начинают доминировать карповые виды, а в последние годы возрастает также доля окуневых и щуковых, в то время как количество сига в уловах постепенно снижается. Серьезным стабилизирующим фактором поддержания численности сиговых является развитая речная сеть. Известно, что сига р.Поной образуют значительные по численности популяции в озерах Чурозеро, Песочное, Лосьозеро, Вульяр и Пурнач. В перечисленных озерах сига представлены более или менее изолированными экологическими группами, отличающимися сроками нереста, темпом роста и некоторыми меристическими и пластическими признаками.

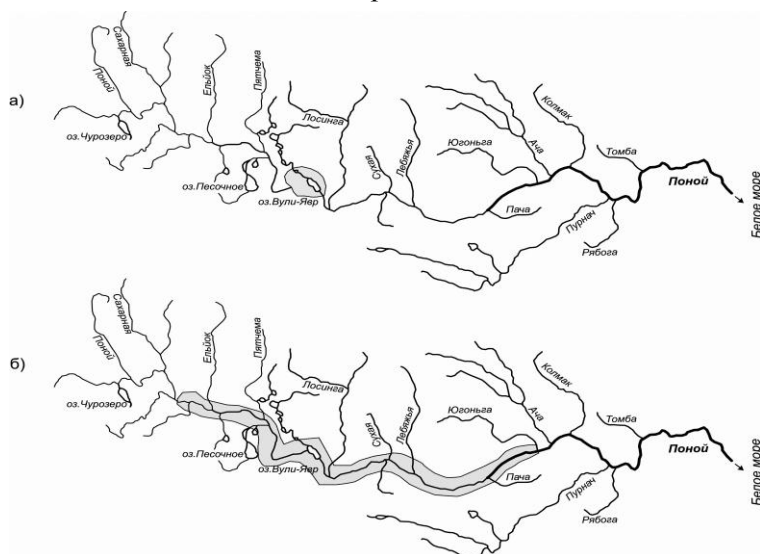


Рис.17. Представители сем. карповых бассейна р.Кривая – плотва и язь; распространение язя в бассейне р.Поной: а) 1930-1960-е гг.; б) настоящее время

Большая часть дна водоемов бассейна занята торфяным детритом, и только небольшие участки покрыты песком и каменистым грунтом, на которых и происходит нерест сигов. Кроме того, значительная часть сигов оз.Песочное нерестует во впадающем в него Амбарном и Артельном ручьях. Сига р.Пятчема нерестуют на песчано-галечных участках р.Поной и ее притоках – Лосинга, Сухая, Лебяжья. Сами же озера используются лишь как нагульные водоемы (Гринюк, 1977).

Таким образом, в бассейне р.Поной также отмечаются процессы трансформации рыбной части сообществ, однако их причины нельзя объяснить антропогенным эвтрофированием. По всей видимости, подобные явления связаны с природными особенностями водоемов в условиях региональных флуктуаций климата. Являясь достаточно мелководными, хорошо прогреваемыми, водоемы р.Поной в большей степени подвержены процессам естественного старения, интенсификации продукционных процессов, заилению дна, флуктуациям гидрологического режима, в которых карповые рыбы получают преимущество. В то же время благоприятные условия для воспроизводства окуня и щуки на фоне хорошей обеспеченности кормовыми ресурсами в пределах бассейна могут обуславливать всплески численности указанных видов, лимитированные в отдельные годы флуктуациями гидрологического режима.

По-видимому, в сложившихся условиях изменения структуры сообщества рыб р.Поной будут сопровождаться еще более интенсивным смещением сиговых из ядра доминирующих видов и увеличением численности и обилия карповых видов (рис.18).

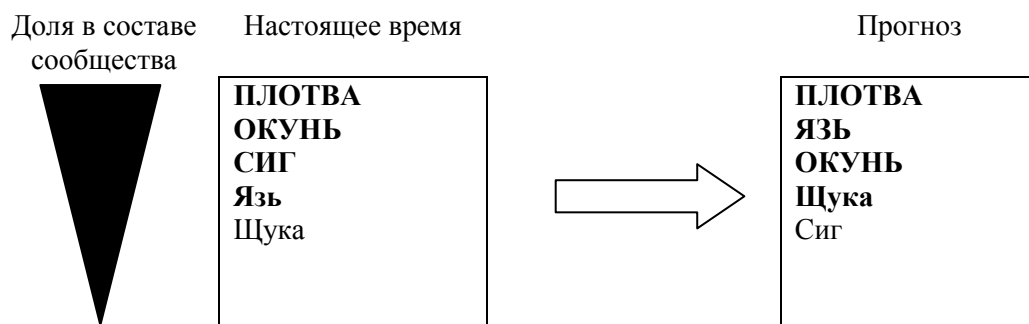


Рис.18. Прогноз изменений в структуре рыбной части сообщества р.Поной

#### 2.4. Центральная часть Мурманской области (Ш). Бассейн рек Нива и Кола

Особенное внимание в связи с проблемой трансформации ихтиоценозов Крайнего Севера представляет центральная часть Мурманской области, где находятся такие озера, как Имандра, Пермусозеро, Кахозеро и Колозеро. Как уже отмечалось, процессы антропогенного эвтрофирования и преобразования рыбной части сообщества оз.Имандра были зарегистрированы ранее (Решетников, 1980; Moiseenko et al., 2001; Vandysh, 2001). Однако интенсивность этих процессов возрастает в последние годы, кроме того, изменения состава ихтиофауны характерны и для других водоемов бассейна р.Нива. Сходные тенденции обнаружены и в ряде водоемов бассейна р.Кола.

Исследования на крупнейшем водоеме Мурманской области – оз.Имандра начались достаточно давно. Первый обзор ихтиологических работ, выполненных на водоемах Кольского п-ова в начале XX века и посвященных, в основном, промыслу семги в реках, приводится в работах Г.Д.Рихтера (1926а, б, 1927, 1934). Систематические исследования ихтиофауны озер и рек начались с организации Имандровской экспедиции Мурманской биологической станции в 1924-1926 гг. (Рихтер и др., 1926; Рихтер, 1927). В работах первой половины XX века освещены некоторые моменты биологии рыб пресноводных водоемов центральной части Кольского п-ова (Крепс, Крогиус, 1924; Крогиус, 1926а, б; 1931; Рихтер и др., 1926; Петров, 1935а, б). По материалам двух экспедиций Л.С.Берг и И.Ф.Правдин дают обзор ихтиофауны рек и озер Кольского п-ова (Берг, Правдин, 1948; Правдин, 1964) и освещают некоторые вопросы систематики сигов региона (Правдин, 1954; 1957). Позднее большое внимание уделялось изучению ихтиофауны озера в связи с его промысловым использованием, а также изучению рыбной фауны заповедных территорий (Владимирская, 1951, 1956, 1957; Азбелев, 1960; Решетников, 1962, 1964, 1966; Галкин и др., 1966а; Сурков, 1966; Гринюк, 1977). В связи с интенсивным развитием промышленности на территории Мурманской области и развитием процессов антропогенной трансформации экосистем большое внимание исследователей было уделено рыбам как индикаторам состояния водоемов (Моисеенко, 1980, 1984, 1997, 2002; Моисеенко, Яковлев, 1990; Моисеенко и др., 1991; Лукин, 1995, 1998; Кашулин, 1999, 2004; Кашулин и др., 1999; Шарова, 2000; Королева, 2001).

Озеро Имандра, являясь самым большим водоемом региона (длина 109 км, средняя ширина 3.19 км), обладает достаточно обширной водосборной территорией (12300 км<sup>2</sup>). На фоне значительной индустриализации Мурманской области это обусловило весьма весомое и многофакторное антропогенное влияние на экосистему озера, которое носит долговременный характер. Различные районы акватории озера подвержены влиянию аэротехногенных выбросов и стоков предприятий цветной металлургии, энергетики, транспорта, воздействию горнодобывающей и горнорудной промышленности, машиностроения. Весьма значителен вклад поступления бытовых сточных вод многочисленных населенных пунктов, расположенных на берегах водоема (Моисеенко, Яковлев, 1990; Антропогенные ..., 2002). Наметившиеся перестройки в структуре сообществ гидробионтов в озере связаны с глобальными климатическими изменениями, усилением процессов антропогенного эвтрофирования за счет возрастания нагрузки биогенных элементов и термофикации. Гидроэнергетический комплекс имеет определяющее значение в формировании гидрологического режима озера. Возведение каскада Нивских ГЭС началось в 30-х гг. прошлого века. К 1954 г. строительство всех трех плотин ГЭС было завершено. Возведение каскада ГЭС стало основной причиной потери ценнейшего стада атлантического лосося р.Нива (Исаченко, 1931). Ежегодные сезонные флуктуации уровня вод озера, связанные с работой гидротехнических сооружений, негативно влияют на воспроизводство и развитие практически всех видов рыб бассейна, о чем свидетельствуют материалы исследований 1960-х гг. (Владимирская, 2002).

Ихтиофауна Имандры состояла из 15 видов, в число которых входили: атлантический лосось, кумжа, арктический голец, обыкновенный сиг, европейская ряпушка, европейский хариус, окунь, щука, обыкновенный ерш, европейская корюшка, налим, язь, обыкновенный голяк, голяк, трехиглая и девятииглая колюшки (Галкин и др., 1966б). Кроме того, имеются свидетельства поимки сибирской миноги в бассейне озера (Антропогенные ..., 2002), а также развития видов-вселенцев (радужная форель, обыкновенный карп). Исчезновение уникальной популяции семги р.Нива, несомненно, сказалось на состоянии экосистемы реки и оз.Имандра. Несмотря на небольшую протяженность реки, чередующейся спокойными плесовыми участками и озерными расширениями (Пинозеро, Плесозеро), в пределах ее бассейна располагались многочисленные нерестово-выростные угодья лосося. В достаточно большом количестве семга заходила и в оз.Имандра, причем для нереста рыбами использовались также реки и ручьи, непосредственно впадающие в озеро. По имеющимся данным, в р.Ниве в 1921 г. было добыто 11466 кг семги. В последующие годы это количество возрастало: в 1922 г. – 13104 кг; в 1923 г. – 14742 кг. В дальнейшем же отмечен спад этих показателей, связанных с ухудшением условий промысла (1924 г. – 8190 кг; 1925 г. – 6552 кг; 1926 г. – 8191 кг; 1927 г. – 9827 кг; 1928 г. – 6.552 кг; 1929 г. – 5693 кг; 1930 г. – 4913 кг). Кроме того, до введения в эксплуатацию каскада Нивских ГЭС значительный негативный эффект как на состояние популяции семги, так и других видов оказывал сплав леса (Исаченко, 1931). Исчезновение проходной формы семги в водоеме отчасти компенсировалось образованием из оставшейся в озере ее пресноводной формы (озерный лосось), для которой условия воспроизводства и нагула в пределах озера были благоприятными. Свидетельства регистрации в оз.Имандра данной формы относятся к материалам работ вплоть до конца 1960-х гг. (Смирнов, 1977). В дальнейшем численность данной формы лосося, по-видимому, продолжала неуклонно сокращаться до полного ее исчезновения. В целом, исходя из материалов уловов 1930-х гг., количество крупных лососевых рыб – кумжи, сига и гольца – составляло 75% всей выловленной

рыбы. Так, несмотря на достаточно слабо развитые условия промысла в этот период, водоемы бассейна оз.Имандра давали около 47 т рыбы (Петров, 1935б).

Стремительное индустриальное освоение Мурманской области привело к значительному усилению антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы, которое связано и с непосредственным снижением качества вод, и с возрастанием промысловой нагрузки на рыбную часть сообществ. Последнее, в свою очередь, за счет отсутствия регулирования периодичности, селективности и объемов промысла, значительно подорвало запасы ценных пород лососевых и сиговых видов рыб (Моисеенко, Яковлев, 1990; Владимирская, 2002). В значительной мере эти процессы были усугублены негативным влиянием промышленного загрязнения (Моисеенко, 1984, 1997, 2002; Лукин, 1995; Кашулин, 1999, 2004; Кашулин и др., 1999; Шарова, 2000; Королева, 2001; Антропогенные ..., 2002). Следует отметить, что явления массовых заморов рыб в летний период исследователи фауны рыб регистрировали в конце 1950-х – начале 1960-х гг. (Владимирская, 2002).

Огромный вред воспроизводству рыбы в 1959-1961 гг. принесло зарегулирование уровня Имандры, питающей гидротехнические сооружения Нивского каскада электростанций. Так, зимой 1958-1959 гг. уровень Имандры был понижен на 3.7 м, в следующую зиму – еще на 1.5 м, так что весной 1960 г. уровень озера оказался на 5.2 м ниже максимального за все предыдущие годы и на 30 см ниже «мертвого горизонта». За эти годы из Имандры было изъято 36% всего водного объема озера. Водная поверхность озера уменьшилась на 350 км<sup>2</sup>. Это резко отразилось на условиях жизни рыбы и сократило численность осеннерестящихся в озере видов (голец, сиг и ряпушка), а также видов, нерестующих на участках с прибрежной растительностью в весенний период (щука, окунь, язь). За счет обмеления устьевых участков ручьев были нарушены нерестовые процессы кумжи и хариуса, которые не могли войти на нерест в ручьи из-за обмеления их устьев. Последствием таких процессов, наряду с загрязнением водоема, стала постепенная замена ценных пород рыбы более приспособленными и в то же время малоценными с ихтиологической точки зрения (Владимирская, 2002). Необходимо также отметить, что резкие колебания уровня воды в озере препятствуют развитию макрофитов, зарастанию береговой линии. Это снижает эффективность утилизации биогенных элементов растительностью, препятствует развитию бентоса в литоральной зоне и способствует увеличению скорости эвтрофикации водоема. Весеннерестящиеся виды рыб (щука, окунь, плотва, язь) лишены нерестилищ, что препятствует их успешному воспроизводству. Прежде всего, это относится к плесам Имандры – Большой и Йокостровской. Сезонные колебания уровня озера продолжаются и в настоящее время. Эти процессы в сочетании с повышением токсичности воды вследствие продолжающегося загрязнения озера промышленными и коммунальными стоками привели к нарушению воспроизводства озерных форм рыб, и пополнение их запасов идет в основном за счет мигрантов из многочисленных придаточных озерно-речных систем.

В целом оз.Имандра до 1960-х гг. определялось как ряпушково-сиговый водоем с встречающимся озерным гольцом (Галкин и др., 1966б). В дальнейшем структура рыбной части сообщества изменялась в сторону снижения доли указанных видов. Вместе с тем, радикальных изменений в структуре рыбной части населения оз.Имандра не происходило вплоть до начала 1990-х гг.. Доминирующими видами оставались сиг и ряпушка, в уловах присутствовал голец и кумжа. Наступивший затем серьезный экономический спад, с одной

стороны, привел к относительному снижению уровня промышленного загрязнения вод, а с другой – к усилению неконтролируемого незаконного лова рыбы. В этот период отмечается появление и увеличение численности крупной формы корюшки, что привело радикальной перестройке структуры рыбной части сообщества. При этом для большинства видов рыб отмечено снижение общей численности и продолжительности жизни. К примеру, возрастная структура сига начиная с 50-х годов прошлого столетия характеризовалась тенденцией к сокращению числа старших возрастных групп. Средние весовые и размерные показатели сига к концу 1980-х гг. были ниже в 3 и 1.8 раза соответственно по сравнению с аналогичными значениями рыб в 1926 г. (Галкин и др., 1966б; Моисеенко, Яковлев, 1990).

В формировании современного облика фауны рыб оз.Имандра особую роль также играют процессы «инвазии» видов-вселенцев. Так, поступление подогретых вод Кольской АЭС в губу Молочная Бабинской Имандры предопределило развитие здесь садкового хозяйства для выращивания рыб. Наиболее массовый вид, выращиваемый здесь, – радужная форель. Ранее также были попытки выращивания карпа и осетра. За время функционирования комплекса и неизбежных случаев выхода рыб из садков происходило постепенное их распространение в акваторию озера. Неудачный опыт разведения карпа закончился выпуском оставшихся особей в открытый водоем (Антропогенные ..., 2002). В настоящее время в районе садкового комплекса сформированы самостоятельно воспроизводящиеся в естественных условиях популяции зеркального и обыкновенного карпа, а также радужной форели. Существуют свидетельства поимки данных видов в районе Бабинской и Йокостровской Имандры. По опросам рыбаков-любителей, весовые показатели карпа в районе сбросного канала КАЭС могут достигать более 10 кг. Форель, обитающая в губе Молочная, по материалам наших исследований, представлена в основном рыбами массой 300-500 г длиной 24-32 см (рис.19).

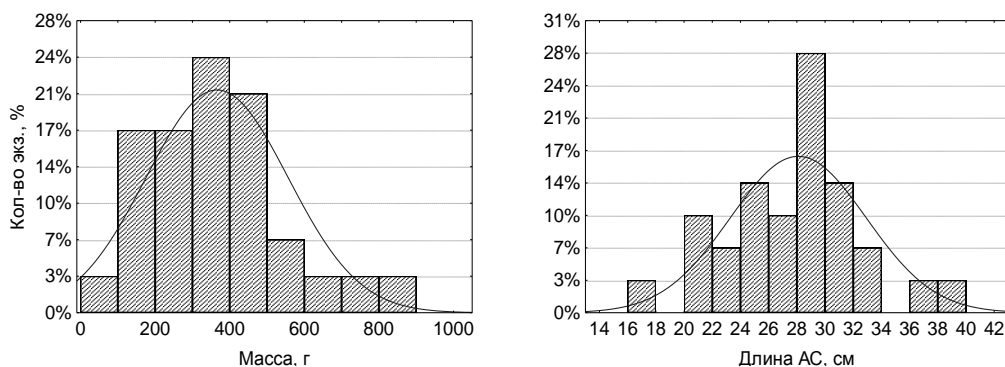


Рис.19. Размерно-весовое распределение радужной форели в губе Молочная (Бабинская Имандра)

Следует отметить, что теплые воды и обилие кормов, распространяемых течением вблизи садкового комплекса, привлекает большое количество рыб, что положительно сказывается на темпах их роста. Подобные явления описаны ранее для сига Бабинской Имандры (Моисеенко, Яковлев, 1990; Антропогенные ..., 2002). Аналогичные особенности сохраняются и в настоящее время. Размерно-весовые показатели сига и ерша являются более высокими в районе непосредственного

поступления подогретых вод электростанции (губа Молочная) (рис.20). Для других видов (щука, окунь) подобной зависимости не было отмечено. Это, в первую очередь, связано с тем, что данные виды в указанном районе встречались единично. Кроме того, условия воспроизводства и нагула щуки и окуня наиболее благоприятны в районе Узкой Салмы, о.Хорт и губы Кунчаст. Вероятно, это относится и к корюшке, поскольку доля указанных видов в уловах была выше в более удаленных от губы Молочная районах (рис.21). В то же время арктический голец, ранее широко встречающийся в пределах Бабинской Имандры, где имелись обширные нерестилища данного вида, в настоящее время практически не обнаруживается. В осенний период 2011 г. единичные особи данного вида (массой 46-1959 г и длиной 17.3-43.5 см) были отмечены нами лишь в губе Кунчаст.

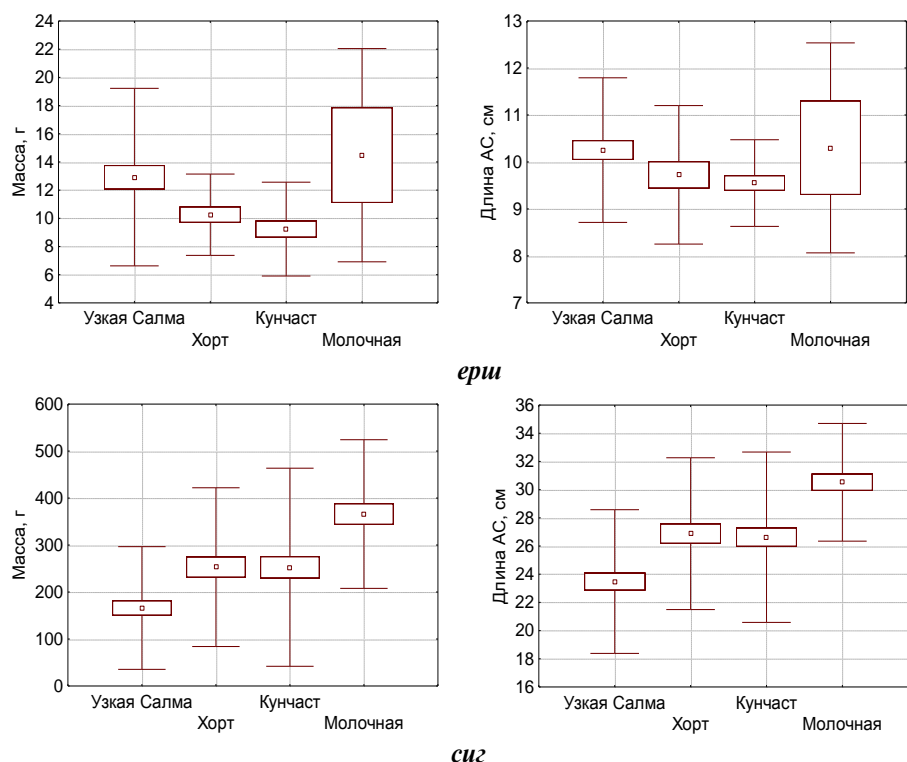


Рис.20. Размерно-весовые характеристики ерша и сига различных районов Йокостровской и Бабинской Имандры в 2011 г.

Происходит и резкое снижение численности некогда наиболее массового вида – ряпушки. При этом ряпушка Бабинской Имандры характеризуется более высокими размерно-весовыми показателями по сравнению с ряпушкой плесов Большой и Йокостровской Имандры. Если масса и линейные размеры ряпушки последних обычно достигают 9.6-14.3 г и 9.9-11.3 см, то в Бабинской Имандре они достигают 17.7 г и 12.2 см. Отдельные особи, зарегистрированные нами в губе Кунчаст, в 2011 г. достигали 84 г при длине АС 21.4 см.

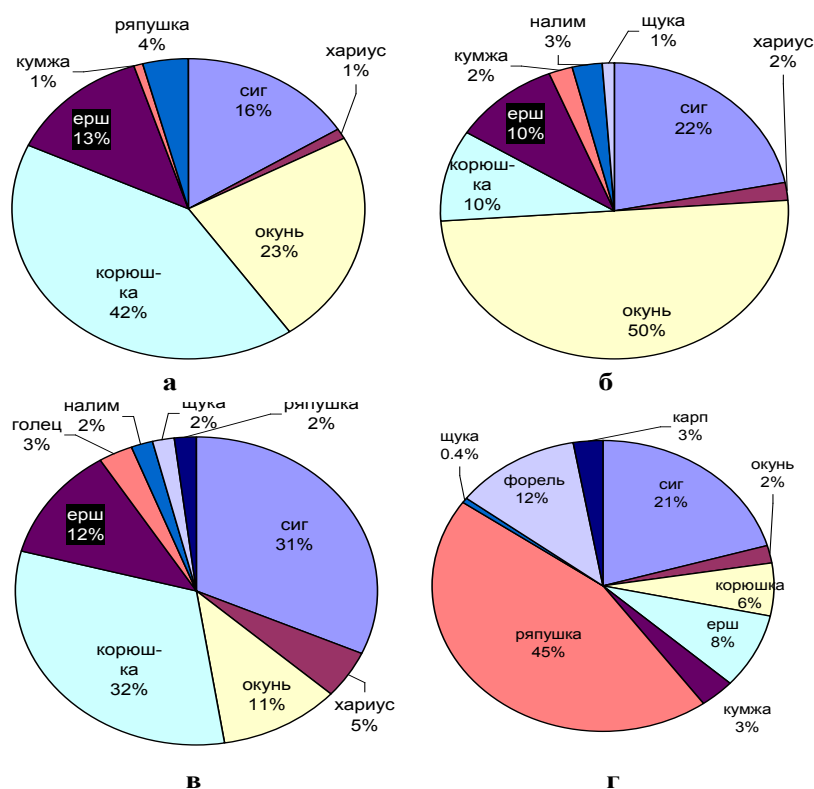


Рис.21. Соотношение видов рыб в уловах различных районов оз.Имандра: а – Узкая Салма; б – о.Хорт; в – губа Кунчаст; г – губа Молочная

Наиболее ценный промысловый вид – кумжа распространена повсеместно в пределах озера, однако численность ее всегда была достаточно низкой (Галкин и др., 1966а; Смирнов, 1977). Это достаточно пластичный вид, имеющий множество внутривидовых форм, различающихся особенностями мест обитания. Поддержание популяции кумжи в озере обеспечивается главным образом крупными реками бассейна (Вите, Куна, Чуна, Печа, Пиренга, Пасма). Реки, приуроченные к крупным промышленным центрам на территории водосбора озера, потеряли свое значение в воспроизводстве данного вида рыб (Б.Белая, Куренга, Монча, Кислая). Многочисленные ручьи также могут служить нерестилищами кумжи, однако численность молоди на таких водотоках, как правило, крайне мала. Наиболее крупные особи кумжи в озере могли достигать массы более 6 кг и длины 79 см (Антропогенные ..., 2002). Для современной популяции кумжи в водоеме такие экземпляры представляют большую редкость. В уловах 2011 г. нами не были обнаружены особи массой более 1165 г и длиной 47.7 см.

Численность сегов, некогда считавшихся основным богатством водоема (Галкин и др., 1966б), в настоящее время также сильно сократилась. Данный вид также весьма пластичен с экологической точки зрения, имеет несколько форм, описанных ранее (Берг, 1949; Берг, Правдин, 1948). Несмотря на значительное снижение качества вод в ходе многолетнего и многофакторного влияния на

экосистему водоема, сига демонстрировали высокие приспособительные особенности и встречались даже в районах со значительной токсичностью. Данные особенности вида описаны и для ряда других интенсивно загрязняемых водоемов региона (Кашулин и др., 1999; Антропогенные ..., 2002; State ..., 2007). Последствия антропогенных преобразований оз.Имандра отразились, прежде всего, на темпах роста сига (рис.22). Кроме того, происходило сокращение продолжительности жизни рыб, перемещение наиболее массовой части популяции в младшие возрастные классы, ускорение полового созревания. Серьезные патологические трансформации в ответ на токсичность вод были отмечены в органах и тканях рыб.

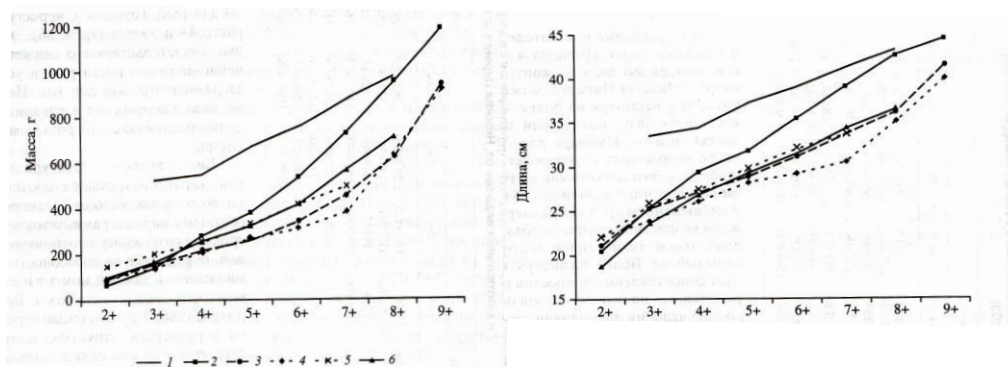


Рис.22. Кривые линейного и весового роста сига плеса Большая Имандра в допромышленный период (1) и в периоды промышленного освоения водоема: 2 – 1960 г.; 3 – 1965-1970 гг.; 4 – 1978-1981 г.; 5 – 1986 г.; 6 – 1996-1998 гг. (Антропогенные ..., 2002)

Средние размеры сига в озере составляют около 28.3 см при массе 286 г (Большая Имандра). Для Бабинской и Йокостровской Имандры эти показатели несколько ниже – 29.7 и 27.3 см при массе 267 и 252 г соответственно (Антропогенные ..., 2002). Размеры сигов в 1960-х гг. были значительно выше. Так, по материалам М.И.Владимирской (1956), в озере был отмечен сиг длиной 67 см и массой 6.2 кг. Сиги в водоеме, по-видимому, образуют локальные стада, приуроченные к крупным заливам. В 2011 г. наиболее крупные особи сига Бабинской Имандры отмечены в губе Кунчаст (до 1350 г и 43.6 см), несмотря на более высокие средние размерные показатели рыб губы Молочная (рис.20).

Популяция корюшки в оз.Имандра за последние 60 лет претерпела существенные изменения. Ее мелкая форма (снеток), нерестящаяся в прибрежной зоне озера, являлась одним из промысловых видов до 50-60-х гг. прошлого века. Однако в последующем численность снетка значительно сократилась за счет нарушения воспроизводства в условиях зимне-весенней сработки уровня. Вид практически полностью исчез к середине 1960-х гг., и к 1970-1980-м гг. корюшка встречалась в уловах единично (Смирнов, 1977; Моисеенко, Яковлев, 1990).

В настоящее время корюшка представлена крупной полупроходной формой, для нереста заходящей в реки и ручьи, что исключает влияние колебаний уровня в озере. Подобная стратегия воспроизводства оказалась весьма эффективной и в условиях отсутствия сколь значимого пресса хищных рыб корюшка стала весьма многочисленна в структуре сообщества рыб, занимая доминирующее место



в пелагиали (рис.21, 23). Ожидалось, что увеличение численности корюшки должно привести к снижению ее размеров (возврат к сетковому типу), однако этого не произошло. Широкий пищевой спектр и переход на хищничество позволяют поддерживать высокие размерно-весовые показатели рыб данного вида. Отдельные экземпляры рыб могут достигать массы более 200 г. Средние размеры корюшки плеса Бабинской Имандры и южной части Йокостровского плеса (Узкая Салма) в 2011 г. были выше 30 г и 15 см (рис.24).

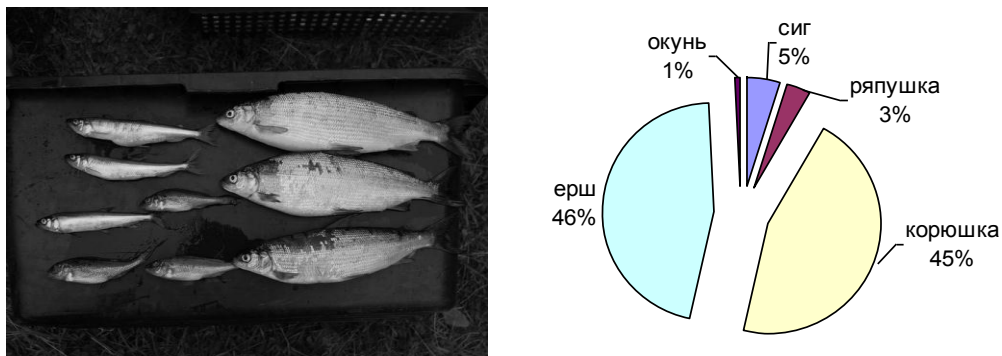


Рис.23. Представители ихтиофауны и их соотношение в уловах оз.Имандра

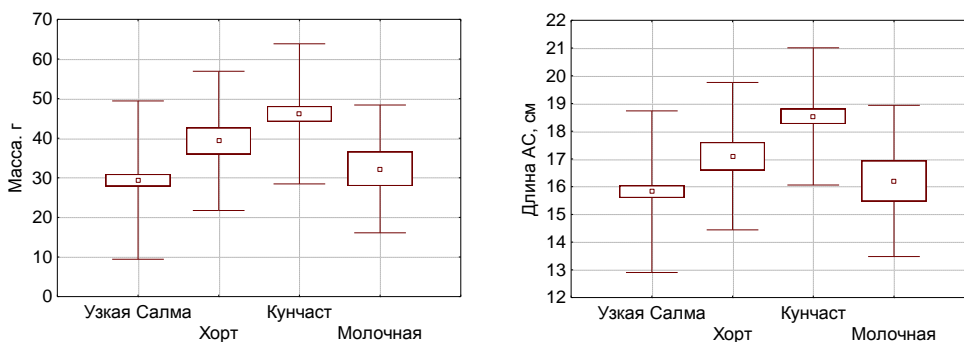


Рис.24. Размерно-весовые характеристики корюшки различных районов Йокостровской и Бабинской Имандры в 2011 г.

Сейчас сложно сказать однозначно, является ли современная форма корюшки следствием перехода ее из аборигенной карликовой формы (сетка) или же это инвазийная форма, появившаяся в оз.Имандра вследствие расселения некогда акклиматизированной в Верхнетуломском водохранилище корюшки из Карелии. Корюшка, широко распространенная в оз.Имандра, в настоящее время отмечается и в ряде придаточных водоемов, например в оз.Пермусозеро. Аналогичные примеры распространения корюшки отмечены и для бассейна р.Кола, в которую она проникла из Верхнетуломского водохранилища. Многими авторами неоднократно отмечались факты саморасселения корюшки как в водоемах Карелии, так и в других водоемах европейской части России. В Карелии в 1949 г. корюшка из Сундозера проникла в соседнее Пяозеро, быстро размножилась в нем и стала одной из наиболее массовых рыб (Озера Карелии, 1959).

Наряду с высокой численностью представителей корюшковых, для ряда районов оз.Имандра достаточно высокой в уловах становится доля окуня (рис.21). В особенности это касается южной части Йокостровского плеса и Бабинской Имандры. Это связано с большим количеством благоприятных для его нереста районов в многочисленных придаточных мелководных озерно-речных системах. В то же время для щуки, очевидно, данные условия воспроизводства, ввиду флуктуаций гидрологического режима вод, не столь благоприятны.

Недавние исследования северной части акватории плеса Большая Имандра (губа Куреньга) и водоемов его придаточной системы (в частности, оз.Пермусозеро) также показали значительные перестройки в структуре ихтиофауны. Доминирующими в уловах видами являлись корюшка и ерш. Отдельные виды, отмеченные в уловах, встречались единично (окунь, ряпушка, сиг). Сиг был представлен, главным образом, крупными особями (рис.23) малотычинковой формы со средними размерами 27.7 (от 13.8 до 33.6) см и массой 314 (от 28 до 446) г.

Возраст наиболее крупных особей не превышал пяти лет. Отдельные экземпляры ряпушки в выборке варьировали от 11 до 27 г по массе (среднее 16 г) и от 10.6 до 14 см по длине (среднее 12.1 см) в возрасте 1+-2+. Наиболее многочисленными в уловах являлись европейская корюшка и обыкновенный ерш. Основу выборки корюшки составляли особи массой 25-35 г, длиной 16-18 см (рис.25), при этом средние размеры рыб данного вида достигали 34 г и 16.1 см соответственно. Возраст наиболее массовой части выборки составил три года (2+), не превышая пяти лет у самых крупных особей.

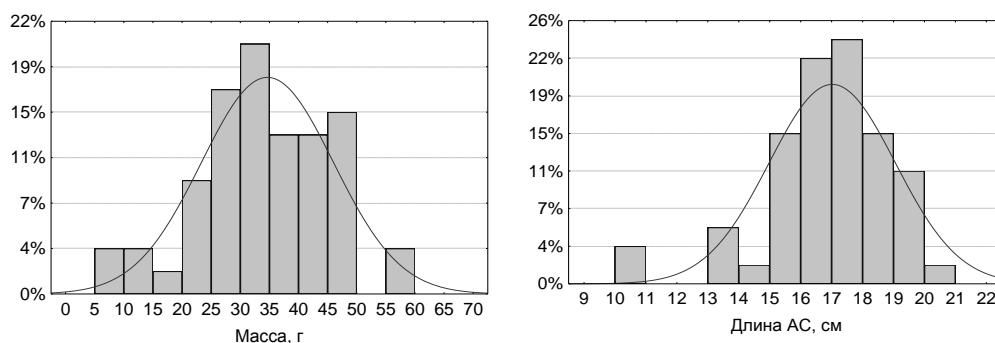


Рис.25. Размерно-весовое распределение корюшки оз.Имандра (губа Куреньга)

Ерш был представлен рыбами массой 16-34 (среднее 23 г) длиной 10.7-13.5 (среднее 12 см). Размерно-весовые показатели наиболее массовой части выборки составляли 20-24 г и 11-12.5 см. Возраст наиболее крупных особей ерша не превышал пяти лет.

В оз.Пермусозеро, несмотря на относительно высокое видовое разнообразие, по-видимому, в рыбной части сообщества доминирует ерш. Причем в водоеме он достигает значительных для вида размеров (рис.26). Возраст наиболее крупных особей массой 56 г и длиной 16.6 см при этом составляет пять лет (4+).

Для ряда водоемов бассейна р.Кола (озера Кахозеро и Колозеро) также были отмечены структурные перестройки в составе рыбной части сообществ. К примеру, в оз.Кахозеро, расположенном в непосредственной близости отвалов предприятия ОАО «Олкон», по последним данным, обитает 7 видов рыб, из которых наиболее массовыми являются ряпушка и окунь. Щука, сиг и налим в уловах были представлены единичными особями (рис.27).

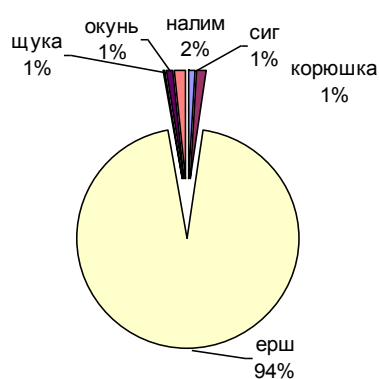
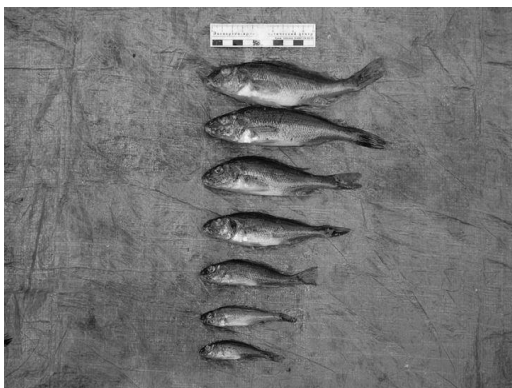


Рис.26. Ерш оз.Пермусозеро и соотношение рыб в уловах

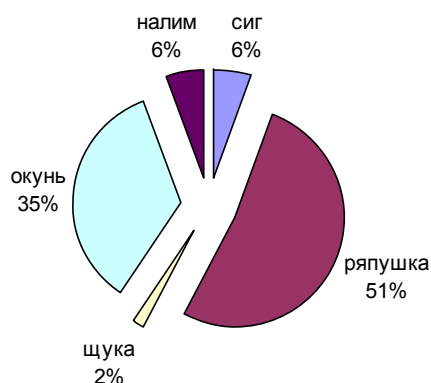


Рис.27. Выборка и соотношение рыб в уловах оз.Кахозеро

Ряпушка оз.Кахозеро имеет средние размеры 14.1 см и массу 25 г. В целом размерно-весовые показатели рыб данного вида варьировали в пределах 9.2-20.6 см и 6-63 г соответственно. Длина и масса основной части рыб не превышает 10 см и 10 г (рис.28). Возрастное распределение ряпушки характеризовалось доминированием двух- и четырехлетних особей, на долю которых приходится более 50% особей выборки (рис.29). Также необходимо отметить достаточно высокие размеры ряпушки в водоеме (рис.29). Аналогичная особенность рыб данного вида была зарегистрирована в оз.Ковдор (бассейн р.Ёна), в зоне деятельности предприятия «Ковдорский ГОК». Очевидно, что при отсутствии серьезного пресса со стороны хищников и благоприятных кормовых условиях ряпушка, как короткоцикловый вид, за счет более высоких темпов роста достигает значительных размеров.

Похожие явления отмечены и для другого вида – обыкновенного ерша оз.Колозеро. Это достаточно крупное озеро, однако, несмотря на размеры, ихтиофауна водоема относительно бедна, а доминирующими видами являются корюшка и ерш. Сиг, ряпушка, окунь были отмечены единично (рис.30). Масса и размеры сига, представленного главным образом четырехлетними особями, варьировали от 83 до 528 г и от 17.9 до 35 см, в среднем составив 353 г и 28.9 см.

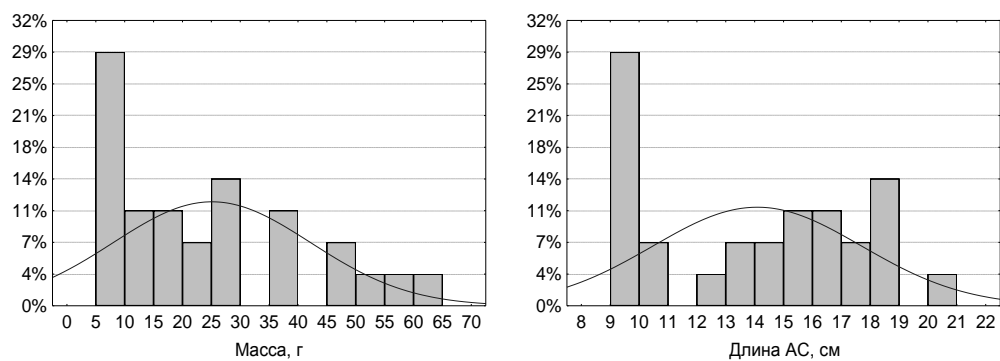


Рис.28. Размерно-весовые показатели ряпушки оз.Каховеро

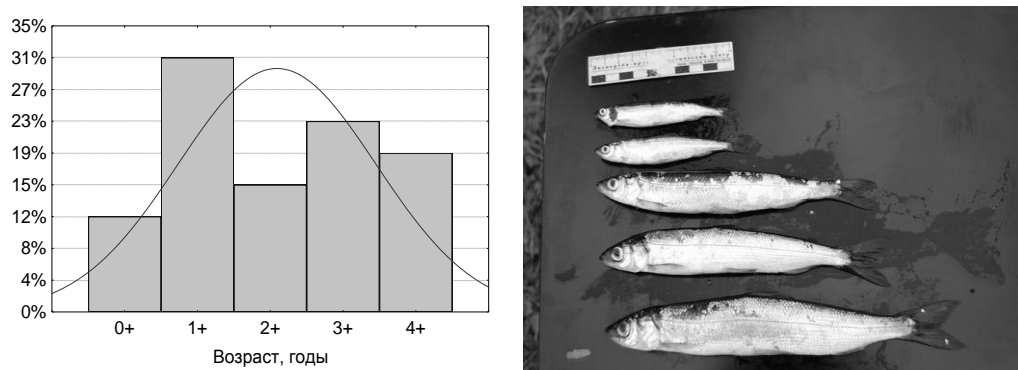


Рис.29. Возрастное распределение и размерный ряд ряпушки оз. Каховеро

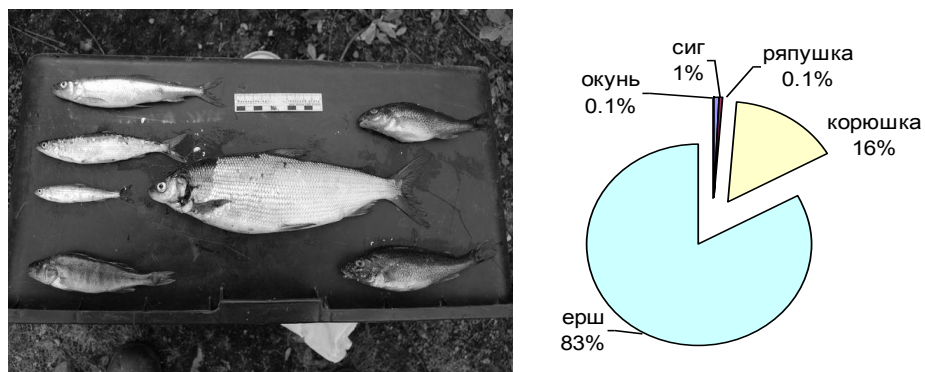


Рис.30. Выборка и соотношение рыб в уловах оз.Колозеро

В размерно-весовом распределении корюшки оз.Колозеро было отмечено доминирование рыб массой 15-25 и 35-50 г и длиной 12-15 и 16-18 см соответственно (рис.31). Среднее значение массы рыб не превышало 37 г, длины – 16.3 см. Возраст корюшки в уловах достигает пяти лет, но основу популяции составляют возрастные группы 2+-3+.

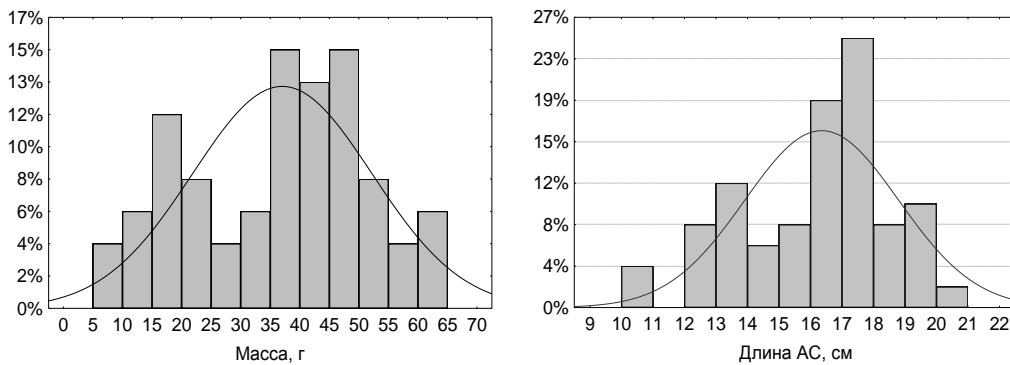


Рис.31. Размерно-весовое распределение корюшки оз.Колозеро

Ерш в выборке данного водоема был наиболее многочисленным, причем необходимо отметить, что его размерно-весовые показатели одни из самых высоких в Мурманской области. Отдельные экземпляры имели длину около 20 см при массе около 100 г (рис.32). В целом средние показатели массы и линейных размеров ерша достигали 54 г и 14.5 см. Максимальный возраст рыб (9+) отмечен у особей, не имеющих максимальных размеров в выборке, что связано с различиями в темпах роста.



Рис.32. Ерш оз.Колозеро

В оз.Кахозеро, расположенном выше по течению от оз.Колозеро, в настоящее время корюшка не была нами зарегистрирована. Можно предположить, что здесь отсутствуют благоприятные условия для ее обитания и воспроизводства. Тем не менее, в этом водоеме широко распространена крупная ряпушка, что обусловлено благоприятными кормовыми условиями. К примеру, биомасса фитопланктона в верхнем слое воды в данном водоеме составляет 3.16 г/м<sup>3</sup>, а в оз.Колозеро – 0.77 г/м<sup>3</sup>. Вместе с тем, условия для нагула окуня, очевидно, менее благоприятны и, несмотря на относительно высокую численность, он представлен тугорослыми особями. Озера Пермусозеро и Колозеро характеризуются доминированием в составе ихтиоценозов ерша (представителя сем. окуневых). По-видимому,

данный вид более адаптирован к сложившимся условиям. Являясь бентофагом, ерш в отсутствие прессы хищных видов успешно конкурирует за кормовые ресурсы с другими видами. Причем в указанных водоемах он достигает значительных для вида размеров, что позволяет ему самому переходить на хищничество.

Таким образом, в настоящее время проблема трансформации рыбной части сообществ эвтрофируемых водоемов проявляется и в водоемах Мурманской области. Как правило, для водоемов северных широт с небогатой кормовой базой, холодными водами и коротким периодом вегетации обычно

встречаются рыбы-бентофаги и планктофаги и три-четыре вида хищных рыб. Рыбы-фитофаги встречаются редко. Для таких водоемов характерны короткие пищевые цепи. Хищники обычно имеют узкий пищевой спектр с преобладанием нескольких наиболее массовых видов-жертв. Особенности гидрологического режима в этих водоемах и бедность кормовой базы обуславливают низкий темп роста и полового созревания рыб, большинство видов имеют длинный жизненный цикл и многовозрастную структуру популяции. Изменения факторов среды по годам определяют непостоянство состава пищи, ритмики откорма и колебания величины годовых рационов, а также годовых приростов, пропуски нереста, колебания урожайности поколений, в связи с чем отмечаются значительные флуктуации численности как видов-жертв, так и хищников. Устойчивость таких экосистем достигается обилием у некоторых видов экологических форм с разной специализацией в питании (Решетников и др., 1982).

В условиях эвтрофирования лососевые и сиговые рыбы первоначально имеют улучшение условий для роста и нагула. Однако условия их воспроизводства изменяются не в лучшую сторону в связи с ухудшением кислородного режима в зимний период, усиленным заилением грунтов, в период инкубации может происходить повышенная гибель икры лососевых и сиговых, нерестящихся в озере, качество вод для них в период нереста и инкубации икры является особенно критичным. Ситуация резко ухудшается снижением уровня воды в зимний период, величина которого может достигать нескольких метров. Рыбы с весенним нерестом (окуневые, корюшковые, щуковые и карповые) с коротким сроком инкубации икры получают предпочтение в выживании при эвтрофировании водоема. Однако в условиях оз.Имандра преимущество получает только один весенненерестящийся вид – корюшка, которая в притоках избегает негативного влияния зимней сработки воды. Массовому развитию корюшки способствует и то обстоятельство, что хищные виды в специфических условиях оз.Имандра не в состоянии оказать ей какую-либо конкуренцию. Ранний переход корюшки на хищничество и массовое уничтожение ею молоди других видов еще больше усугубляет проблему их воспроизводства в озере. Общая тенденция изменения структуры сообщества проявляется в замене крупных и длиннопериодических форм на мелкие, рано созревающие и короткоцикловые виды. Среди рыб преимущество в выживании получают планктофаги и виды с весенним икрометанием, что отмечается для озер центральной части Мурманской области. Усиление процессов эвтрофирования водоемов приводит к замене лососевых и сиговых видов окуневыми, корюшковыми и карповыми.

Следует отметить, что водоемы центральной части Мурманской области за счет развитой дорожной сети, более высокой плотности населения подвержены интенсивной промысловой нагрузке, в том числе и неконтролируемому лову. Как правило, в результате такого влияния из экосистем изымаются более ценные виды (лососевые, сиговые, крупные хищники).

## **Заключение**

Несмотря на небольшие размеры территории Мурманской области, здесь расположено большое количество водоемов, отличающихся происхождением, морфологией и многообразием условий обитания. Изучение ихтиофауны водоемов региона имеет достаточно длительную историю, но, вместе с тем, в ходе наших исследований для ряда водоемов были впервые получены материалы по составу фауны рыб и особенностям функционирования их отдельных популяций. Установлено, что в настоящее время в водоемах зоны тайги, наряду с деградационными изменениями показателей состояния организмов и популяций

рыб, осуществляются глубокие структурно-функциональные перестройки рыбной части сообществ в целом. Происходит смена доминирования длинноциклового лососевого и сигового видов на короткоциклового. Эти изменения совершаются на фоне усиления процессов эвтрофирования вод, увеличения их токсичности, в силу накопления в водоемах загрязняющих веществ, снижения стабильности климатических систем, распространения в экосистемах чужеродных видов. В большей степени выражены эти процессы в центральной, наиболее индустриально развитой части Мурманской области.

Вместе с тем, и для относительно благополучных с точки зрения антропогенной нагрузки районов региона (бассейн р.Поной) регистрируются аналогичные процессы смены доминирующих видов в ихтиоценозах водоемов. Причем в отсутствие корюшковых сиговых замещают представители карповых и окуневых видов. Причинами подобных явлений могут быть природные особенности водоемов, а также региональные климатические перестройки последнего десятилетия. Кроме того, достаточно мелкие и мелководные водоемы Понойской депрессии в большей степени подвержены процессам естественного старения. Серьезный вклад в поддержание численности сиговых рыб вносит хорошо развитая озерно-речная сеть притоков различного уровня в пределах бассейна р.Поной. В условиях нормального воспроизводства сиговых структурные перестройки рыбной части сообществ этих водоемов будут определяться эффективностью использования имеющихся ресурсов различными видами. То же можно сказать и о других крупных речных системах Мурманской области (Тулома, Воронья, Варзуга, Умба).

Процессы структурных перестроек в настоящее время не затрагивают территории тундровых зон региона, характеризующихся водоемами с небогатой фауной рыб, представленных в основном лососевыми видами (арктический голец, кумжа). В таких озерах структура ихтиоценозов, вероятно, может оставаться без изменений достаточно долго в масштабах естественных процессов эволюции водоемов.

Таким образом, в настоящее время в водоемах Мурманской области идут глубокие структурно-функциональные перестройки, затрагивающие и рыбную часть их населения и приводящие к снижению их ресурсного потенциала. Это свидетельствует о неэффективности сложившейся системы управления водными и биологическими ресурсами региона, что требует неотлагательных мер по ее пересмотру. Прежде всего это касается крупнейшего водоема области – озера Имандра. Совершенно очевидно, что неэффективность промыслового изъятия корюшки и отсутствие каких-либо рыбоводных мероприятий создает здесь реальную угрозу полного исчезновения лососевых и сиговых видов рыб. Необходимо пересмотреть правила регулирования уровня режима озера, снизить на него техногенную нагрузку. Требуются мелиоративные мероприятия по созданию искусственных нерестилищ и возобновление работы Пиренгского рыбоводного завода по воспроизводству запасов сига, арктического гольца и кумжи. В полной мере это относится и к другим водоемам Мурманской области.

## Литература

Аверинцев В.Г. Адаптивные особенности кумжи, гольца и щуки в верховьях рек Восточная Лица и Варзина / В.Г.Аверинцев, Б.Ф.Прищепа // Адаптация и эволюция животного населения полярных морей в условиях океанического пригляциала. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. С. 120-125.

Аверинцев В.Г. Лососевые речных систем // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, биоресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 47-122.

- Азбелев В.В. Материалы по биологии семги Кольского полуострова и ее выживаемости // Тр. ПИНРО. 1960. Вып.12. С. 5-70.
- Алеев В.Р. Поездка на рр. Поной и Варзугу в 1912 г. // Материалы к созданию русского рыболовства. Пг., 1914. Т.Ш, вып.9. С. 15-78.
- Алексеев М.Ю. Динамика популяций семги (*Salmo salar* L.) рек Кольского полуострова: дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 145 с.
- Антропогенное эвтрофирование озер. М.: Наука, 1976. 200 с.
- Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера. Л.: Наука, 1982. 304 с.
- Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / под ред. Т.И.Моисеенко. М.: Наука, 2002. 403 с.
- Атлас пресноводных рыб России / под ред. Ю.С.Решетникова. М.: Наука, 2003. Т.1. 379 с.; Т.2. 253 с.
- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.: Изд-во АН СССР, 1948-1949. Ч. I-III. 1381 с.
- Берг Л.С. Рыбы Кольского полуострова / Л.С.Берг, И.Ф.Правдин. // Изв. ВНИОРХ. Л.: 1948. Т.ХХVI, вып.2. 267 с.
- Берестовский Е.Г. Европейский хариус *Thymallus thymallus* L. тундровых озер / Е.Г.Берестовский, А.А.Фролов // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, биоресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005а. С. 170-186.
- Берестовский Е.Г. К биологии речного окуня *Perca fluviatilis* L. малых озер / Е.Г.Берестовский, А.А.Фролов // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, биоресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005б. С. 207-213.
- Берестовский Е.Г. Щука *Esox lucius* L. малых озер Восточного Мурмана: биология, содержание каротиноидов / Е.Г. Берестовский, И.А.Ерохина // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, биоресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 190-207.
- Болотова Н.Л. Изменения рыбной части сообщества и уловов при эвтрофировании крупного северного озера / Н.Л.Болотова и др. // Вопросы ихтиологии. 1996. Т.36, №4. С. 470-480.
- Буяновская А.А. Проблема антропогенного эвтрофирования в Академии наук СССР // Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка, 1977. Т.1. С.7-12.
- Веселов А.Е. Нерестово-выростной фонд атлантического лосося реки Варзуги / А.Е.Веселов и др. // Биология, воспроизводство и состояние запасов анадромных и пресноводных рыб Кольского полуострова. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. С. 5-26.
- Винберг Г.Г. Итоги исследований пресноводных сообществ всех трофических уровней // Ресурсы биосферы. Л.: Наука, 1976. Вып.2. С. 145-157.
- Владимирская М.И. Рыбы озер центральной части Кольского полуострова // Отчет фондов Лапландского государственного заповедника. 1951. 130 с.
- Владимирская М.И. Сиги бассейна оз. Имандра // Вопр. ихтиологии. 1956. Вып.6. С. 136-148.
- Владимирская М.И. Хариус из озер северо-западного участка бассейна озера Имандра // Зоол. журн. 1957. Т.36, №.5. С. 729-736.
- Владимирская М.И. Рыба Имандры вызывает о помощи // Живая Арктика. 2002. № 1. С. 60-63.
- Галкин Г.Г. Ихтиофауна водохранилищ и озер Мурманской области / Г.Г.Галкин и др. // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1966. С. 177-193.
- Галкин Г.Г. Рыбохозяйственное значение основных промысловых водоемов Мурманской области / Г.Г.Галкин и др. // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1966. С. 194-208.



Гринюк И.Н. Промысел, воспроизводство и прогнозирование численности нерестового стада семги р.Поной // Биология промысловых рыб внутренних водоемов северной части европейской территории СССР. Мурманск, 1977. С. 156-182.

Денисов Д.Б. Особенности водорослевых сообществ некоторых водоемов Кольского полуострова // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: тез. докл. Всеросс. конф. с междунар. участием (Апатиты 4-8 октября 2010 г.). Апатиты, 2010а. Ч.1. С. 176-179.

Денисов Д.Б. Содержание хлорофиллов и биомасса фитопланктона в разнотипных водоемах Кольского полуострова // Современные проблемы гидробиологии: тез. докл. междунар. конф. (11-15 октября 2010 г.). СПб., 2010б. С. 58-59.

Денисов Д.Б. Экологические особенности водорослевых сообществ разнотипных субарктических водоемов // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010в. № 1. С. 48-55.

Жаков Л.А. Формирование и структура рыбного населения озер Северо-Запада СССР. М., 1984. 144 с.

Известия Всесоюзного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Л., 1956. Т. XLVI. 65 с.

Исаченко В.Л. Исследования семги и ее промысла и выяснение в реках Севера мест, пригодных для проведения мероприятий по искусственному ее разведению // Изв. Ленингр. науч.-исслед. ихтиол. ин-та. 1931. Т.13, вып.2. С. 31-59.

Казаков Р.В. Атлантический лосось реки Варзуги / Р.В.Казаков и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 108 с.

Калюжин С.М. Атлантический лосось Белого моря: проблемы воспроизводства и эксплуатации. Петрозаводск: ПетроПресс, 2003. 264 с.

Карамушко О.В. Ихтиофауна пресных вод Мурмана / О.В.Карамушко, Е.Г.Берестовский // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, биоресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 36-42.

Кашулин Н.А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения / Н.А.Кашулин и др. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. 142 с.

Кашулин Н.А. Теоретические основы ихтиологической биоиндикации загрязнения водоемов тяжелыми металлами: дис. ... докт. биол. наук. Апатиты, 1999. 382 с.

Кашулин Н.А. Рыбы малых озер Северной Фенноскандии в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. 130 с.

Кашулин Н.А. Экологический каталог озер Мурманской области. Северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран / Н.А.Кашулин и др. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. Ч.1. 226 с.

Кашулин Н.А. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: восточная часть Мурманской области (бассейн Баренцева моря) / Н.А.Кашулин и др. Апатиты. Изд. КНЦ РАН, 2009. 364 с.

Королева И.М. Влияние загрязнения на морфофизиологические показатели сигов *Coregonus lavaretus* в водоемах Кольского Севера: дис. ... канд. биол. наук. Апатиты, 2001. 186 с.

Крепс Г.М. Краткая характеристика рыбных промыслов на оз.Имандра / Г.М.Крепс, Ф.В.Крогиус. Л.: Изд. упр. Мурманской ж. д., 1924. 172 с.

Крогиус Ф.В. Ихтиологические работы на озере Имандра // Работы Мурманской биологической станции. 1926. Т.2. С. 150-152.

Крогиус Ф.В. Материалы по возрасту и темпу роста сига оз.Имандра // Работы Мурманской биологической станции. 1926. Т.2. С. 77-87.

Крогиус Ф.В. Предварительный отчет о работе экспедиции на Умбозере и озере Имандра летом 1930 г. // Изв. Ленингр. науч.-исслед. ихтиол. ин-та. 1931. Т.13, вып.1. С. 45-61.

Крылова С.С. Кумжа (*Salmo trutta* L.) бассейна реки Варзина / С.С.Крылова, А.А.Лукин // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, биоресурсы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 158-169.

Ксенозов Н.А. Ихтиофауна и рыбохозяйственная характеристика Ловозера // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1966. С. 209-212.

Лукин А.А. Патологии рыб как индикатор качества вод Кольского Севера // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского Севера. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1995. С. 105-119.

Лукин А.А. Интродукция радужной форели *Parasolmo mykiss* в озеро Имандра (Кольский полуостров) // Вопросы ихтиологии. 1998. Т.3, № 4. С. 485-491.

Мина М. В. Задачи и методы изучения роста в природных условиях // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука, 1981. С. 177-195.

Моисеенко Т.И. Ихтиофауна озера Имандра // Экосистема озера Имандра под влиянием техногенного загрязнения / Кольский филиал АН СССР. Апатиты, 1980. С. 48-58.

Моисеенко Т.И. Изменение физиологических показателей рыб как индикатор качества водной среды // Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1984. С. 51-57.

Моисеенко Т.И. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера / Т.И.Моисеенко, В.А.Яковлев. Л.: Наука, 1990. 220 с.

Моисеенко Т.И. Сиг как тест-объект для биоиндикации качества вод озер Крайнего Севера / Т.И.Моисеенко и др. // Современные проблемы сиговых рыб. Владивосток, 1991. С.213-224.

Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 261 с.

Моисеенко Т.И. Изменение стратегии жизненного цикла рыб под воздействием хронического загрязнения вод // Экология. 2002. № 1. С. 50-60.

Муравейко В.М. Стальноголовый лосось в реках Восточного Мурмана / В.М.Муравейко и др. // Виды-вселенцы в европейских морях России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2000. С. 269-272.

Науменко М.А. Эвтрофирование озер и водохранилищ: учеб. пособие. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2007. 100 с.

Озера Карелии: Природа, рыбы и рыбное хозяйство. Петрозаводск: Карелия, 1959. 618 с.

Паллон Л.О. Ихтиологический очерк оз. Умбозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова / Кольская науч.-исслед. база АН СССР. Сб.1. 1940. С. 192-207.

Петров В.В. Ихтиофауна озер Монче- и Волчьей тундр // Труды отдела гидрологии ЛУГМС. 1935а. Т.1. С. 42-51.

Петров В.В. Промысловые рыбы Кольского полуострова // Карело-Мурманский край. Мурманск, 1935б. С. 12-18.

Правдин И.Ф. Сиги водоемов Карело-Финской ССР. М.-Л., 1954. 324 с.

Правдин И.Ф. Сиги Ловозера (бассейн Баренцева моря) // Учен. зап. Петрозавод. ун-та. 1957. Т.7, вып. 3. С. 158-170.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 456 с.

Решетников Ю.С. О систематическом положении сигов Лапландии // Отчет фондов Лапландского гос. заповедника. 1962. 20 с.

- Решетников Ю.С. Питание разных внутривидовых форм сига из разных озер Лапландского заповедника // Вопросы ихтиологии. 1964. Т.4, № 4. С. 679-694.
- Решетников Ю.С. Особенности роста и созревания сигов в водоемах Севера // Закономерности динамики численности рыб Белого моря и его бассейна. М.: Наука, 1966. С. 93-155.
- Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М., 1980. 301 с.
- Решетников Ю.С. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема / Ю.С.Решетников и др. М.: Наука, 1982. 234 с.
- Рихтер Г.Д. Очерки исследований оз. Имандра // Работы Мурманской биол. станции. Мурманск, 1926а. Т.2. С. 32-68.
- Рихтер Г.Д. Предварительный отчет о работах Имандровской экспедиции Мурманской биологической станции // Работы Мурман. биол. станции. Мурманск, 1926б. Т.2. С. 4-7.
- Рихтер Г.Д. Предварительный отчет о работах Имандровской экспедиции Мурманской биологической станции / Г.Д.Рихтер и др. Мурманск, 1926. Т.2. С. 121-158.
- Рихтер Г.Д. Обзор работы Имандровской экспедиции за 1924-1926 гг. Л.: Изд. Упр. Мурман. ж.д., 1927. 136 с.
- Рихтер Г.Д. Физико-географический очерк озера Имандра и его бассейна // Труды ГЭНИИ при ЛГУ. 1934. 144 с.
- Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 144 с.
- Рыбохозяйственные исследования Верхнетуломского и Серебрянского водохранилищ Мурманской области. Мурманск: ПИНРО, 1985. 174 с.
- Сметанин М.М. О методах определения возраста рыб (обзор) / М.М.Сметанин и др. // Биология внутренних вод. 2002. № 2. С.15-19.
- Смирнов А.Ф. Рыбы озера Имандры // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск, 1977. 96 с.
- Смирнова А.Ф. Успешная акклиматизация ряпушки в озере Канентъявр / А.Ф.Смирнова, О.Н.Ермакова // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск, 1977. С. 22-30.
- Сурков С.С. Общая характеристика особенностей видового состава ихтиофауны Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1966. С. 147-151.
- Терентьев П.М. Особенности динамики популяций рыб в водоемах Кольского Севера в условиях их аэротехногенного загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 28 с.
- Шапошникова Г.Х. Материалы по питанию рыб озер Имандры и Умбозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова / Кольская науч.-исслед. база АН СССР. 1940. Сб.1. С. 219-242.
- Шарова Ю.Н. Особенности функционирования системы воспроизводства рыб Кольского Севера в условиях техногенного загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2000. 26 с.
- Amundsen P.A. Heavy metal contamination and the fish communities in the Pasvik River System / P.A.Amundsen, F.Staldivik // Report Norges Fiskerihogskole, University of Tromso. 1993. 49 p.
- Amundsen P.-A. Invasion of vendace (*Coregonus albula*) in a subarctic watercourse / P.A.Amundsen et al. // Biological Conservation. 1999. P. 405-413.
- Bøhn T. Effects of invading vendace (*Coregonus albula* L.) on species composition and body size in two zooplankton communities of the Pasvik River System, northern Norway / T.Bøhn, P.-A.Amundsen / J. Plankton Res. 20. 1998. P. 243-256.

Diana J.S. Timing and magnitude of energy deposition and loss in the body liver, and gonads of northern pike, *Esox lucius* / J.S.Diana, W.C.Mackay // J. Fish Res. Board Can. 1979. Vol.36. P. 481-487.

Diana J.S. Growth, maturation and production of northern pike of three Michigan lakes // Trans. Am. Fish. Soc. 1983. Vol.112. P. 38-46.

Eggan A.G. Kartlegging av utredelsen av ferskvannsfisk i Norge / A.G.Eggan, B.O.Johnsen // Direktoratet forvilt og ferskvannsfisk. Del 1 Kommunevis utredelse (Forelopig rapport). 1983. 84 p

Holcik J. The freshwater fishes of Europe // AULA-Verlag Weis-baden. Vol.I, part 1: Petromyzontyformnes. 1986. 313 p.

Jeppesen E. Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function / E.Jeppesen et al. // Hydrobiol. 2010. Vol.646, № 1. P. 73-90.

Kokfelt U. Wetland development, permafrost history and nutrient cycling inferred from late Holocene peat and lake sediment records in subarctic Sweden / U.Kokfelt et al. // J. Paleolimnol. 2010. Vol.44, № 1. P. 327-342.

Meriläinen J.J. Importance of diffuse nutrient loading and lake level changes to the eutrophication of an originally oligotrophic boreal lake: a palaeolimnological diatom and chironomid analysis / J.J.Meriläinen et al. // J. Paleolimnol. 2000. Vol.24, № 3. P. 251-270.

Moiseenko T.I. Eutrophication of surface water in the Arctic region / T.I.Moiseenko et al. // Water Res. 2001. Vol.28, № 3. P. 307-316.

Mutenia A. Recent changes in the fishery on Lake Inari, Finland / A.Mutenia, M.Ahonen // Management of freshwater fisheries. Pudoc, Wageningen, 1990. P. 101-111.

Mutenia A. The vendace (*Coregonus albula* L.), a new species in the fish community and fisheries of Lake Inari / A.Mutenia, E.Salonen // Biology and management of coregonid fishes / T.N.Todd and M. Luczynski (eds.). 1990. Vol.39, N. 3-4. P. 797-805.

Mutenia A. The vendace (*Coregonus albula* L.), a new species in the fish community and fisheries of Lake Inari / A.Mutenia, E.Salonen // Pol. Arch. Hydrobiol. 1992. Vol.39 (3,4). P. 583-591.

Mutenia A. Rehabilitation of the fisheries of Lake Inari, northern Finland / A.Mutenia, E.Salonen // Rehabilitation of freshwater fisheries. Fishing News Book / Hull International Fisheries Institute, University of Hull, 1994. P. 280-288.

Nilsson N.-A., Food and habitat of the fish community of the offshore region of Lake Vänern, Sweden // Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 1979. Vol.58. P. 126-129.

Noest T. Impact of pollution on freshwater communities in the border region between Russia and Norway. I. Preliminary study in 1990 / T.Noest et al. // NINA Scient. Report. 1991. № 26. P. 1-41.

Pethon P. Aschehougs store Fiskebok. Stockholm, 1989. 447 p.

State of the Environment in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area / K.Stebel, G.N.Christensen, J. Derome and I. Grekelä (eds) // The Finnish Environment. 2007. Vol.6. 88 p.

Svärdson G., Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes // Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 1976. Vol.55. P. 144-171.

Toivonen J. Inarin ja sen Lahijarvien Kaapiosioista. Helsinki, Maataloushallituksen Kalataloudellinen Tutkimustoimisto, 1960. Vol.12. P. 1-45.

Vandysh O.I. The effect of thermal flow of large power facilities on zooplankton community under subarctic conditions // Water Res. 2001. Vol.36, № 3. P. 310-318.

Winfield I.J. The Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) populations of Windermere, UK: population trends associated with eutrophication, climate change and increased abundance of roach (*Rutilus rutilus*) / I.J.Winfield et al. // Environmental Biology of Fishes. 2008. Vol.83, № 1. P. 25-35.

Wootton R.J. Ecology of Teleost Fishes // Symp. Zool. Soc. London: Chapman and Hall, 1990. Vol.44. P. 133-159.

### *Сведения об авторах*

**Терентьев Петр Михайлович,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Кашулин Николай Александрович,**

доктор биологических наук, заведующий лабораторией «Водные экосистемы» Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Terentjev Pyotr Mikhaylovich,**

PhD(Bio), Senior Research Fellow of Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Kashulin Nikolay Alexandrovich,**

Dr.Sc.(Bio), Head of the Water Ecosystem Laboratory of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

УДК 574.52

**И.М.Королева, С.А.Валькова, О.И.Вандыш, Д.Б.Денисов, П.М.Терентьев,  
С.С.Сандимиров, В.А.Даувальтер, Н.А.Кашулин**

### **СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА КОВДОР И ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБНОЙ ЧАСТИ ЕГО НАСЕЛЕНИЯ**

#### **Аннотация**

Представлены материалы по состоянию биоты озера Ковдор (Мурманская область), испытывающего влияние стоков Ковдорского горно-обогатительного комбината и хозяйственно-бытовых сточных вод одноименного города. По химическому составу воды озера относятся к сульфатному классу, по гидробиологическим показателям к  $\beta$ -мезосапробному типу. В условиях антропогенного эвтрофирования и субтоксического загрязнения наблюдаются высокие структурно-функциональные показатели сообществ всех трофических уровней, выявлена популяция европейской ряпушки с предельными для мелкой формы размерами.

#### **Ключевые слова:**

*качество вод, антропогенное эвтрофирование, сообщества гидробионтов, сиг, ряпушка, Северная Фенноскандия.*

**I.M.Koroleva, S.A.Valkova, O.I.Vandysh, D.B.Denisov, P.M.Terentjev,  
S.S.Sandimirov, V.A.Dauvalter, N.A.Kashulin**

### **THE STATE OF LAKE KOVDOR ECOSYSTEM AND CHARACTERISTICS OF ITS FISH COMMUNITY**

#### **Abstract**

The materials on the biota of Lake Kovdor (The Murmansk Region), affected by the Kovdor's Mining Plant wastewater and domestic sewage are given. According to the chemical composition, the lake water belongs to sulfate class, according to the hydrobiological parameters – to  $\beta$ -mesosaprobic type. Anthropogenic eutrophication and subtoxicological pollution result in the high structural-functional characteristics of communities of all trofic levels. Population of European vendace with size limit for small forms.

#### **Key words:**

*water quality, anthropogenic eutrophication, hydrobiological community, whitefish, vendace, Northern Fennoscandia.*

## Введение

Пресноводные водоемы Мурманской области претерпевают значительные изменения естественного гидрологического, гидрохимического и гидробиологических режимов. (Антропогенные модификации ..., 2002; Антропогенные изменения ..., 2005; Кашулин, 2004). Причинами таких трансформаций является многофакторное антропогенное воздействие на окружающую среду региона и климатические изменения. Их совместное воздействие обуславливает возрастание токсичности воды и интенсификацию их антропогенного эвтрофирования. Наиболее выражены эти процессы вблизи крупных горноперерабатывающих и металлургических комплексов.

Озеро Ковдор является приемником сточных вод Ковдорского горно-обогатительного комбината и хозяйственно-бытовых стоков одноименного города. Также в водоем попадают с тальми и дождевыми водами отработанные горюче-смазочные материалы и нефтепродукты с расположенного на берегу озера железнодорожного узла. Водоем используется населением в рекреационных целях. В результате интенсивного поступления биогенов озеро перешло из олиготрофного состояния в эвтрофное. Несмотря на присутствие в воде неорганических и органических загрязняющих веществ, в озере наблюдаются высокие показатели численности и биомассы всех звеньев гидробиоценоза. Видовой состав рыбной части сообщества насчитывает 8 таксонов. Особый интерес представляет популяция европейской ряпушки, чьи размерно-весовые характеристики превышают показатели, типичные для широко распространенной в озерах и водохранилищах Кольского полуострова мелкой формы.

## Материал и методика исследований

Комплексные исследования озерно-речной системы р.Ковдора, включая само оз.Ковдор проводилось в период с 1997 по 2009 гг.

Отбор проб воды для *гидрохимических исследований* осуществлялся в поверхностном (на глубине 1 м) слое пластиковым батометром в полиэтиленовые бутылки.

Анализ проб воды и донных отложений выполнялся аккредитованным Центром коллективного пользования физико-химических методов анализа ИППЭС КНЦ РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.00010517126) в соответствии с аттестованными методиками. Для оценки загрязнения пресноводных экосистем использовалась методика определения коэффициента загрязнения Хокансона (Håkanson, 1980), адаптированная для условий Европейской Субарктики. Коэффициент загрязнения ( $C_t$ ) подсчитывался как частное от деления концентрации элемента в поверхностном слое донных отложений (0-1 см) к фоновому значению в самой глубокой части колонки.

**Фитопланктон** (в т.ч. на содержание хлорофилла) и зоопланктон в период биологического лета отбирались стандартным батометром Рутнера емкостью 2.2 л, объем пробы составлял 1.5-2.0 л. В оз.Ковдор дополнительно оценивалось распределение фитопланктона с глубиной в интервалах 0-2 и 9-10 м. Фитоперифитон был отобран в нескольких участках литоральной зоны оз.Ковдор, а также в водотоках в районе перекатов, с каменистых субстратов посредством скребка.

**Зоопланктон.** Для определения видового состава и количественных характеристик зоопланктона производили тотальный лов сетью Апштейна (диаметр входного отверстия 20 см, размер ячеек 70 мкм) от поверхности до дна с выделением следующих слоев: поверхность-2 м; 2-5 м, 5-10 м, 10-дно, для последующей камеральной обработки образцы фиксировали 4%-м формалином.

*Зообентос* отбирали в 2-кратной повторности в зоне литорали, на стоке озера, в зоне сброса вод с городских очистных сооружений, а также в профундальной зоне, преимущественно на песчано-каменистых и илисто-песчаных грунтах с помощью дночерпателя Экмана-Берджа с площадью захвата грунта 250 см<sup>2</sup>. Качественные сборы проводили на мелководных участках с помощью гидробиологического сачка-скребка с размером рамки 26×36 см. Для камеральной обработки образцы фиксировали в 70-градусном спирте. Систематическое положение животных определяли до рода или вида, за исключением олигохет и хирономид, которых определяли до семейства и учитывали как систематические группы. Анализ трофической структуры проводили по классификации, предложенной Яковлевым (2005).

*Обработку проб и необходимые расчеты* проводили согласно общепринятым методикам гидробиологического мониторинга (Руководство ..., 1992). Для оценки качества вод и уровня органического загрязнения по показателям сообществ водорослей был рассчитан индекс сапробности (*S*) методом Пантле и Букка в модификации Сладечека. Уровень трофности водоема определяли по классификации С.П.Китаева (1984).

*Материал по ихтиофауне* водоема (1270 экз.) собран из уловов в летне-осенний период (июнь-октябрь 2001-2008 гг.). Рыбу ловили ставными и плавными жаберными сетями из нейлонового монофиламента с размерами ячеек от 10 до 50 мм. Сетные порядки выставлялись вблизи стока озера в литоральной и профундальной зонах, на глубине от 0.5 до 14 м. При обработке улова у рыб измерялись масса, три длины, определялись пол и стадия зрелости гонад, степень наполнения желудка. Для установления возраста отбирались регистрирующие структуры (чешуя, жаберные крышки), камеральное определение проводилось по известным методикам (Мина, 1981; Правдин, 1966; Сметанин и др., 2002). Полное патологоанатомическое вскрытие выполнялось для всех видов рыб, за исключением ряпушки, частично обработанной по сокращенной схеме (определение массы, длины и пола). Анализ питания рыб проводили в соответствии с «Методическим пособием ...» (1974). Частота встречаемости (*F*, %) рассчитывалась как отношение желудков, содержащих данный кормовой объект к общему количеству желудков, доля каждого компонента пищи по массе (*P*, %) – как масса данного объекта во всех желудках к суммарной массе пищи во всех желудках. Также определялось число кормовых объектов на один желудок (*N*, экз.) и интенсивность питания – количество питающихся рыб к общему количеству рыб с просмотренными желудками. Для качественной и количественной характеристики питания исследовано 111 экземпляров рыб.

## Результаты и их обсуждение

*Район исследований и характеристика объекта.* Оз.Ковдор, входит в сложную озерно-речную систему р.Ковдора – р.Ена – р.Пиренга, располагающихся на северо-западе водосборного бассейна р.Нива. Представляет собой озеровидное расширение р.Ковдора, делящее ее на реки Верхняя Ковдора – участок выше озера и Нижняя Ковдора – ниже озера (рис.1).

Относится к группе небольших озер (площадь 0.55 км<sup>2</sup>), максимальная глубина – 18 м, длина – 2.5 км, ширина – от 50 до 400 м. Характерно развитие на дне диатомовых илов мощностью до 1.7 м. Небольшую площадь занимают песчаные отмели. Прямыми источниками загрязнения выступают стоки ОАО «Ковдорский ГОК» и ОАО «Ковдорслюда», хозяйственно-бытовые городские стоки, значительный вклад в изменение гидрохимического состава вносит сток поллютантов с территории водосбора.



Рис.1. Картограмма исследуемого района

В оз.Ковдор и далее в р.Ниж. Ковдора осуществляется сброс хозяйственно-бытовых стоков после канализационных очистных сооружений (КОС) г.Ковдор. Качество стоков после прохождения КОС не в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к составу вод, отводимых в водные объекты рыбохозяйственного значения. В них наблюдались повышенные, по сравнению с природными, концентрации азота аммонийного и нитритного, фосфора, железа, а также органических соединений. В производственных, ливневых, фильтрационных водах из хвостохранилища отмечалось повышенное содержание нефтепродуктов, фосфора и железа.

В связи с тем, что в природные водные объекты осуществляется сброс недостаточно очищенных сточных вод, изменился естественный состав их вод. По сравнению с фоновыми показателями наблюдается увеличение минерализации и жесткости вод (вода из категории очень мягких перешла в категорию умеренно жестких), повышение рН (воды перешли из разряда слабокислых в подщелочные). Содержание сульфатов и фосфатов в озере превышает ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Динамика гидрохимических показателей оз.Ковдор во многом определяется динамикой поступления сточных вод и соотношением их объемов из различных источников. В целом вода оз.Ковдор в настоящее время по классификации А.О.Алекина (1953) соответствует классу сульфатной – 86.2 мг/л. На долю сульфатов приходится 54% от общего содержания анионов, на долю гидрокарбонатов – 43% (77.3 мг/л), на долю хлоридов – 3% (4.43 мг/л). Водородный показатель вод оз.Ковдор не стабилен и за период наблюдений изменялся от 7.59 до 8.68, при фоновых значениях (р.Верх.Ковдора) 7.88 (табл.1).

Антропогенное поступление всех форм биогенных элементов в оз.Ковдор привело к значительному увеличению как их общего содержания, так и их минеральных форм (по сравнению с природным содержанием). Содержание органического вещества, оцениваемое по показателям перманганатной окисляемости, также изменяется в широком диапазоне и отражает динамику загрязнения водоема и продукционных процессов (табл.2).



Таблица 1

Содержание основных ионов, минерализация и рН воды  
в различных водоемах Ковдорского района

| Показатель              | Нижняя<br>Ковдора<br>(река) | Ковдор (озеро)           |                          |                       |                          |                          | Фоновые<br>значения      |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                         |                             | 2001 г.                  | 2002 г.                  | 2003 г.               | 2004 г.                  | 2008 г.                  |                          |
| рН                      | <u>7.88</u><br>7.65-8.13    | <u>7.87</u><br>7.58-8.01 | <u>7.82</u><br>7.73-7.89 | 8.68                  | <u>8.30</u><br>8.29-8.30 | <u>7.59</u><br>7.16-9.54 | <u>7.47</u><br>7.45-7.50 |
| Электр. 20°<br>мкСм/см  | <u>308</u><br>237-449       | <u>318</u><br>304-326    | <u>342</u><br>289-389    | <u>683</u><br>676-695 | -                        | -                        | <u>60</u><br>55-70       |
| Са, мг/л                | <u>22.5</u><br>20.0-26.3    | <u>23.3</u><br>21.6-24.4 | <u>27.8</u><br>26.0-29.2 | 23.1                  | <u>20.3</u><br>20.2-20.4 | <u>19.4</u><br>10.6-27.9 | <u>6.4</u><br>5.63-7.37  |
| Mg, мг/л                | <u>9.7</u><br>8.3-13.2      | <u>11.2</u><br>10.7-11.9 | <u>12.0</u><br>10.4-13.5 | 11.8                  | 10.7                     | <u>11.9</u><br>7.7-14.5  | <u>1.76</u><br>1.51-2.24 |
| Na, мг/л                | <u>20.7</u><br>7.22-40.0    | <u>19.7</u><br>17.9-22.1 | <u>23.0</u><br>16.0-31.4 | 22.6                  | <u>18.3</u><br>18.1-18.6 | <u>27.5</u><br>15.5-32.9 | <u>2.76</u><br>2.35-3.04 |
| К, мг/л                 | <u>8.3</u><br>4.5-13.7      | <u>10.1</u><br>9.0-10.9  | <u>10.1</u><br>7.8-12.4  | 10.2                  | 9.5                      | <u>12.1</u><br>6.5-13.2  | <u>0.97</u><br>0.84-1.1  |
| HCO <sub>3</sub> , мг/л | <u>87.4</u><br>43.8-155     | <u>77.3</u><br>75.2-77.2 | <u>91.3</u><br>75.4-104  | -                     | -                        | -                        | <u>31.2</u><br>29.0-34.7 |
| SO <sub>4</sub> , мг/л  | <u>71.5</u><br>58.3-85.3    | <u>86.2</u><br>76.6-95.6 | <u>95.0</u><br>78.4-105  | 89.1                  | 80.8                     | 79                       | <u>3.1</u><br>2.13-3.92  |
| Cl, мг/л                | <u>4.0</u><br>1.98-5.32     | <u>4.43</u><br>4.0-4.7   | <u>5.26</u><br>4.67-6.04 | 4.22                  | <u>3.46</u><br>3.36-3.50 | 5.1                      | <u>0.91</u><br>0.68-1.36 |
| Σ ионов, мг/л           | <u>224</u><br>163-338       | <u>232</u><br>219-249    | -                        | -                     | -                        | -                        | <u>47</u><br>43-54       |

ПРИМЕЧАНИЕ. В числителе – среднее, в знаменателе – минимальные и максимальные значения.

Таблица 2

Содержание биогенных элементов и органического вещества  
в водоемах Ковдорского района

| Элементы                        | Нижняя<br>Ковдора<br>(река) | Ковдор (озеро)           |                          |         |                          |                          | Фоновые<br>значения      |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                 |                             | 2001 г.                  | 2002 г.                  | 2003 г. | 2004 г.                  | 2008 г.                  |                          |
| NH <sub>4</sub> , мкгN/л        | <u>19</u><br>6-38           | <u>17</u><br>4-35        | <u>31</u><br>7-72        | 17.0    | <u>10.0</u><br>8.0-12.0  | <u>0.5</u><br>0-1        | <u>3</u><br>1-6          |
| NO <sub>3</sub> , мкгN/л        | <u>1058</u><br>460-1810     | <u>786</u><br>740-825    | <u>1029</u><br>950-1266  | 1350    | <u>2043</u><br>2025-2060 | <u>1340</u><br>1000-1680 | <u>17</u><br>7-26        |
| N <sub>общ</sub> , мкгN/л       | <u>1120</u><br>470-1890     | <u>850</u><br>809-893    | <u>1820</u><br>1430-2500 | 1640    | <u>1855</u><br>1780-1930 | <u>2285</u><br>1730-2840 | <u>67</u><br>60-74       |
| PO <sub>4</sub> , мкгP/л        | <u>162</u><br>15-290        | <u>186</u><br>148-320    | <u>140</u><br>90-220     | 260     | <u>149</u><br>146-151    | <u>370</u><br>144-596    | <u>13</u><br>4-19        |
| P <sub>общ</sub> , мкгP/л       | <u>188</u><br>26-311        | <u>221</u><br>187-340    | <u>227</u><br>145-375    | 350     | <u>197</u><br>196-198    | <u>437</u><br>175-699    | <u>19</u><br>11-24       |
| Органическое<br>вещество, мгC/л | <u>3.8</u><br>3.3-4.4       | <u>3.5</u><br>3.1-3.9    | <u>2.9</u><br>2.5-3.8    | 5.1     | <u>7.7</u><br>7.5-7.8    | <u>4.3</u><br>3.8-4.8    | <u>2.8</u><br>1.9-3.8    |
| Si, мг/л                        | <u>4.91</u><br>4.35-5.5     | <u>4.52</u><br>3.91-5.51 | <u>5.37</u><br>4.89-5.89 | 4.84    | <u>3.98</u><br>3.94-4.02 | <u>5.22</u><br>4.0-6.4   | <u>4.25</u><br>2.23-5.86 |

Приоритетными загрязняющими микроэлементами для водных объектов изучаемой промышленной зоны являются стронций, марганец и алюминий, источником которых являются сточные воды горнорудного предприятия. В настоящее время содержание Sr, Mn и Al в оз.Ковдор превышает принятые условно-фоновые концентрации. Так, в оз.Ковдор и р.Н.Ковдора средняя концентрация стронция изменялась от 1023 до 1275 мкг/л в зависимости от года, что превышает ПДК<sub>рбхз</sub> (400 мкг/л) в 2.5-3 раза. В оз.Ковдор концентрация алюминия варьировала от 36 до 95 мкг/л, что иногда превышало ПДК<sub>рбхз</sub> (40 мкг/л) в 2-2.5 раза. В отдельные годы ПДК<sub>рбхз</sub> по железу (100 мкг/л) было превышено в 1.2-1.4 раза. По марганцу наблюдалось значительное превышение как ПДК<sub>рбхз</sub> (10 мкг/л) – в 2-6 раз, так и условно-фоновых значений – в 10-50 раз. Никель и медь имели наибольшие концентрации в сточных водах Ковдорского ГОКа. За счет процессов осаждения в оз.Ковдор содержание этих элементов снижалось: по Ni не превышало установленные ПДК<sub>рбхз</sub> (10 мкг/л), по Cu в некоторые годы превышение нормативных показателей составляло 1.2-1.8 раза. Содержание цинка в исследуемых водных объектах не превышало ПДК<sub>рбхз</sub> (10 мкг/л), но было несколько выше фоновых значений в этом районе (табл.3). Содержание в воде таких элементов, как Cd, Co, Cr, значительно ниже ПДК<sub>рбхз</sub> (5, 10, 20 мкг/л соответственно) во всех исследуемых водных объектах.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в различных водоемах Ковдорского р-на, мкг/л

| Элементы | Нижняя Ковдора (река)  | Ковдор (озеро)           |                          |         |                       |                       | Фоновые значения 2002 г. |
|----------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
|          |                        | 2001 г.                  | 2002 г.                  | 2003 г. | 2004 г.               | 2008 г.               |                          |
| Ni       | <u>0.4</u><br>0.1-0.7  | <u>0.7</u><br>0.3-1.3    | <u>3.0</u><br>0.4-7.0    | 2.1     | <u>1.8</u><br>1.7-1.9 | <u>3.6</u><br>1.7-5.4 | <u>0.1</u><br>0.1-0.1    |
| Cu       | <u>0.8</u><br>0.2-1.3  | <u>0.8</u><br>0.6-1.1    | <u>1.5</u><br>1.2-1.6    | -       | <u>1.9</u><br>1.2-2.5 | <u>1.4</u><br>1.0-2.5 | <u>0.1</u><br>0.1-0.1    |
| Sr       | <u>896</u><br>680-1200 | <u>1269</u><br>1200-1290 | <u>1275</u><br>1080-1400 | -       | 1023<br>1000-1046     | 1127<br>786-1358      | <u>149</u><br>135-166    |
| Al       | <u>30</u><br>14-80     | <u>36</u><br>15-65       | <u>89</u><br>66-123      | 75      | <u>95</u><br>90-99    | <u>54</u><br>33-200   | <u>8</u><br>3-15         |
| Fe       | <u>55</u><br>25-83     | <u>61</u><br>40-73       | <u>140</u><br>104-204    | -       | <u>118</u><br>115-120 | <u>57</u><br>42-139   | <u>35</u><br>3-70        |
| Mn       | <u>28</u><br>1.4-60    | <u>62</u><br>31-200      | <u>41</u><br>8-96        | 26      | <u>14</u><br>14-15    | <u>45</u><br>6-195    | <u>1.4</u><br>0.2-3.5    |
| Zn       | <u>1.6</u><br>0.6-3.5  | <u>1.3</u><br>0.9-1.7    | <u>2.3</u><br>1.8-2.7    | -       | <u>8</u><br>2.1-13    | <u>1.5</u><br>1.0-10  | <u>0.9</u><br>0.6-1.4    |

#### Закономерности распределения элементов в донных отложениях исследованных озер

Озеро Ковдор, как было отмечено, находится в непосредственной близости к основным производствам Ковдорского ГОКа и г.Ковдор, поэтому деятельность самого комбината, сточные воды и атмосферные выбросы как промышленных, так и городских хозяйственно-бытовых предприятий, а также воздушные переносы с близлежащих производственных предприятий (в первую очередь комбинатов «Североникель» и «Печенганикель») и трансграничные переносы из стран Западной Европы оказывают непосредственное влияние на формирование химического состава донных отложений (ДО) озера.

**Органический материал.** Вариации в содержании органического материала в ДО являются ценной информацией об изменениях условий осадконакопления в водоеме, а также климатических, геохимических, экологических условий на водосборе и в самом водоеме. В качестве показателя содержания органического материала использовались значения потерь веса при прокаливании (ППП).

В озерах обычно отмечается уменьшение содержания органического материала вследствие микробиологического разложения органических веществ (Кузнецов, 1970). Значение ППП в донных отложениях оз.Ковдор снижаются до 11% в верхних (5-6 см) по сравнению с 25% в более глубоких слоях (9-13 см, табл.4). Аналогичное снижение в поверхностных слоях ДО отмечается в закисленных озерах (Dauvalter, 1997), что связано с замедлением в них микробиологического разложения органических веществ (Tuchman, 1993). Природа снижения содержания органического материала в оз.Ковдор, по всей видимости, другая: с начала деятельности Ковдорского ГОКа с водосбора в озеро в значительно повышенных количествах стал поступать минеральный материал (взвешенные вещества), который и является основной составной частью образующихся ДО. Доля отмирающих организмов, которые являются основным поставщиком органического материала в ДО, снижается вследствие увеличения доли минеральных частиц и угнетения гидробионтов в результате загрязнения озера и ухудшения состояния окружающей среды для живых организмов.

Таблица 4

Концентрации металлов (мкг/г сух. веса) и потери веса при прокаливании (%) в колонке ДО оз.Ковдор (2001)

| Слой, см       | ППП   | Cu   | Ni   | Zn  | Co   | Cd   | Pb   | Mn   | Fe     | K     | Na   | Sr  | Ca    | Mg    | Cr  | Al     | P    |
|----------------|-------|------|------|-----|------|------|------|------|--------|-------|------|-----|-------|-------|-----|--------|------|
| 0-1            | 11.29 | 153  | 174  | 200 | 89   | 1.75 | 46.5 | 887  | 45534  | 8420  | 2108 | 796 | 32630 | 56754 | 110 | 29354  | 5797 |
| 1-2            | 10.28 | 160  | 184  | 212 | 79   | 1.77 | 47.0 | 897  | 46054  | 7795  | 1661 | 785 | 35800 | 59234 | 116 | 28616  | 5887 |
| 2-3            | 9.52  | 161  | 186  | 207 | 80   | 2.23 | 38.8 | 844  | 44814  | 6979  | 1617 | 792 | 41546 | 57890 | 109 | 28859  | 5987 |
| 3-4            | 10.34 | 216  | 170  | 202 | 79   | 1.79 | 38.4 | 956  | 49672  | 5619  | 1202 | 785 | 35958 | 53297 | 113 | 29313  | 6007 |
| 4-5            | 9.84  | 189  | 123  | 172 | 61   | 1.80 | 34.3 | 841  | 51355  | 3984  | 1240 | 587 | 17664 | 38698 | 106 | 24967  | 5274 |
| 5-6            | 10.79 | 117  | 109  | 148 | 58   | 1.78 | 29.7 | 1071 | 111793 | 2901  | 1282 | 340 | 8355  | 27204 | 94  | 22525  | 3960 |
| 6-7            | 16.80 | 83   | 71   | 135 | 37   | 1.25 | 23.8 | 887  | 55290  | 2705  | 884  | 280 | 7507  | 20736 | 85  | 23501  | 3499 |
| 7-8            | 22.12 | 39   | 40   | 108 | 18   | 1.17 | 26.0 | 519  | 27259  | 1783  | 503  | 210 | 4418  | 7689  | 80  | 13062  | 4652 |
| 8-9            | 24.69 | 66   | 30   | 75  | 12   | 1.13 | 28.7 | 222  | 18612  | 1375  | 410  | 169 | 3334  | 4371  | 111 | 10964  | 2892 |
| 9-10           | 25.29 | 65   | 27   | 69  | 10   | 0.93 | 21.3 | 183  | 16477  | 1251  | 350  | 168 | 3018  | 3556  | 83  | 10584  | 2303 |
| 10-11          | 25.15 | 11   | 12   | 48  | 4    | 0.75 | 7.5  | 151  | 13038  | 623   | 250  | 134 | 2700  | 1308  | 67  | 6652   | 2272 |
| 11-12          | 25.14 | 13   | 16   | 61  | 6    | 0.75 | 7.5  | 116  | 11446  | 705   | 265  | 134 | 3107  | 2007  | 70  | 6956   | 1477 |
| 12-13          | 25.29 | 13   | 16   | 53  | 6    | 0.75 | 7.5  | 148  | 13737  | 737   | 284  | 134 | 2479  | 1828  | 69  | 7244   | 2221 |
| C <sub>f</sub> | 0.4   | 11.7 | 10.9 | 3.7 | 14.8 | 2.3  | 6.2  | 6.0  | 3.3    | 11.4  | 7.4  | 5.9 | 13.2  | 31.0  | 1.6 | 4.1    | 2.6  |
| ОП             | -     | 57   | 95   | 80  | 20   | 0.3  | 20   | 670  | 33300  | 22800 | 6600 | 450 | 25300 | 13400 | 100 | 104500 | 770  |

ПРИМЕЧАНИЯ: C<sub>f</sub> – коэффициент загрязнения, ОП – среднее содержание в осадочных породах (Виноградов, 1962).

По результатам исследования ДО оз.Ковдор установлено, что на формирование их химического состава оказывают влияние как деятельность Ковдорского ГОКа, т.е. его сточные воды и атмосферные выбросы, так и аэротехногенное влияние других предприятий и трансграничные переносы загрязняющих веществ. В толще ДО наблюдается увеличение концентраций по направлению к поверхности ДО практически всех исследованных металлов. Коэффициенты загрязнения, т.е. отношение концентраций в поверхностных слоях к самым глубоким слоям ДО (которые принимаются за фоновые концентрации), для исследуемых металлов находятся в диапазоне от 1.4 до 20.7. Для некоторых металлов

(Cu, Ni, Zn, Fe, Sr, Ca, Mg, Cr, Al), а также для фосфора отмечается небольшое уменьшение концентраций в поверхностных слоях ДО, что, вероятно, связано со снижением объема сточных вод и с проведением природоохранных мероприятий на Ковдорском ГОКе в последние десятилетия. Выявлено разделение колонки ДО оз.Ковдор на нижнюю часть (7-13 см) – с относительно низкими концентрациями металлов и высокими значениями ППП до заметного влияния стоков Ковдорского ГОКа – и верхнюю часть (0-5 см), где влияние комбината привело к значительному повышению концентраций практически всех металлов. Для выявления доли участия Ковдорского ГОКа в поступлении элементов в водные объекты была отобрана колонка ДО из отстойника. Было установлено, что в ДО отстойника в повышенных концентрациях по сравнению с поверхностными слоями ДО оз.Ковдор, откладываются такие элементы, как Cu, Cd, Mn, Sr, Ca, Mg. В поверхностных слоях ДО отстойника наблюдается снижение концентрации фосфора, а в нижней части колонки концентрации в 5 раз больше, чем в поверхностных слоях ДО оз.Ковдор. В ДО отстойника в пониженных концентрациях, по сравнению с поверхностными слоями ДО оз.Ковдор, откладываются такие элементы, как Ni, Zn, Pb, Fe, Cr, Al. Концентрации Co и K в ДО отстойника и поверхностных слоях ДО оз.Ковдор примерно равны. Анализ содержания элементов в ДО отстойника Ковдорского ГОКа позволил предположить, что предприятие является источником загрязнения такими элементами, как Cu, Cd, Mn, Sr, Ca, Mg. Такие металлы, как Ni, Zn, Pb, Fe, Cr, Al, в повышенных концентрациях поступают из других источников. Повышенные содержания Pb в поверхностных слоях ДО оз.Ковдор связаны, вероятно, с процессами глобального загрязнения этим металлом атмосферы Северного полушария. Вероятно, Ni, Zn, Cr приносятся воздушными потоками с предприятий цветной металлургии, прежде всего с комбината «Североникель».

Факторным анализом выявлено, что определяющим фактором (83%), влияющим на формирование химического состава ДО, является деятельность промышленных предприятий на территории водосбора озера и поступление коммунально-бытовых стоков. Вторым фактором, имеющим сравнительно небольшой вес (7%), являются, по всей вероятности, процессы глобального загрязнения таким металлом, как Pb, повышенные содержания которого в поверхностных слоях ДО отмечены практически во всех озерах Кольского п-ова, и влияние изменения окислительно-восстановительных условий на содержание элементов в донных отложениях, на которое очень активно реагируют многовалентные металлы, такие как Fe и Mn.

### **Фитопланктон**

В период исследований общий флористический состав р.Ковдора насчитывал 85 видов и разновидностей водорослей.

Показатели общей численности и биомассы фитопланктона в р.Верхняя Ковдора, выше источников загрязнения, невысоки: 0.1-0.4 млн экз/л и 0.8 г/м<sup>3</sup> соответственно. В период исследований 1997-2000 гг. флористический состав включал 43 вида и разновидности водорослей (табл.5). Преобладали характерные для региона североальпийские, криофильные диатомовые водоросли – *Diatoma hiemale* (Roth) Heib var. *hiemale*, *Tetracyclus rupestris* (Braun) Grun., *Fragilaria arcus* (Ehrb.) Cl., *Meridion circulare* (Grev.) Ag. var. *circulare*, виды рода *Tabellaria*, *Aulacoseira*. Диатомовый комплекс составлял 85-100% от общей численности организмов. Синезеленые водоросли были представлены видами *Nostoc sp.*, *Chamaesiphon sp.*,

*Anabaena spiroides* Kleb. var. *spiroides*, максимальная численность – 0.1 млн экз/л. Численность зеленых водорослей также невысока; максимальная – 0.2 млн экз/л. Эта группа представлена сфагнофильными водорослями pp. *Closterium*, *Cosmarium*. Золотистые, эвгленовые и пиррофитовые встречались эпизодически. Количество видов в пробе – 4-13. Анализ индекса сапробности показал: 80% видов являются индикаторами олиготрофных незагрязненных вод. Это позволило оценить качество вод данного участка реки как «воды чистые», что соответствует II классу.

Таблица 5

Число основных систематических групп гидробионтов  
р.Ковдора и оз.Ковдор (1997-2008 гг.)

| Водоросли       | Район |    |    |    | Зоопланктон | Район |    |    | Макрзообентос     | Район |    |    |
|-----------------|-------|----|----|----|-------------|-------|----|----|-------------------|-------|----|----|
|                 | 1     | 2  | 3  | 4  |             | 1     | 2  | 3  |                   | 1     | 2  | 3  |
| Суанопрокaryota | 4     | 6  | 2  | 6  | Rotatoria   | 3     | 8  | 9  | Олигохеты         | 3     | 3  | 3  |
| Chrysophyta     | 1     | -  | 3  | -  | Cladocera   | 9     | 9  | 2  | Хирономиды        | 6     | 5  | 5  |
| Bacillariophyta | 25    | 26 | 71 | 73 | Cyclopoida  | 2     | 3  | 1  | Моллюски          | 7     | 6  | 5  |
| Xanthophyta     | 1     | 3  | -  | -  | Calanoida   | 1     | 2  | 4  | Личинки двукрылых | 8     | 5  | 3  |
| Pyrophyta       | -     | 1  | -  | -  |             |       |    |    | Индикаторная      | 14    | 6  | 4  |
| Euglenophyta    | 2     | 4  | -  | -  |             |       |    |    | Прочие            | 6     | 5  | 6  |
| Chlorophyta     | 10    | 23 | 4  | 10 |             |       |    |    |                   |       |    |    |
| Всего           | 43    | 63 | 80 | 89 |             | 15    | 22 | 16 |                   | 44    | 28 | 26 |

ПРИМЕЧАНИЯ: 1 – р.Верхняя Ковдора, 2 – р.Нижняя Ковдора, 3 – оз.Ковдор, 4 – перифитон озерно-речной системы.

В реке Нижняя Ковдора общая численность фитопланктона весной – в начале лета составляла 0.6-3.2 млн экз/л., летом – 0.3-9.4 млн экз/л., в сентябре-октябре варьировала в пределах 1.0-15.6 млн экз/л.; общая биомасса в пределах вегетационного периода изменялась в различные годы от 0.1-2.6 до 0.7-7.0 г/м<sup>3</sup>. Основу фитопланктона составляли: хлорококковые зеленые водоросли – *Eudorina elegans* Ehrb., виды родов *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, диатомовые – виды родов *Fragilaria*, *Nitzschia*, синезеленые – *Anabaena*, *Oscillatoria*. В начале лета отмечалось массовое развитие желто-зеленых – *Chlorobotris simplex*, *Chlorobotris regularis*. Изменение экологической структуры альгоценоза наряду с увеличением количественных показателей, по сравнению с Верхней Ковдорой, свидетельствовало о повышенном уровне трофности вод данного участка реки. Было выявлено 70% β-α-мезосапробных видов. На основе частоты встречаемости видов-индикаторов качество вод данного участка реки соответствовало III классу – «воды умеренно загрязненные».

В самом оз.Ковдор в 2008 г. в составе летнего планктона было определено 80 таксонов водорослей рангом ниже рода в 4 отделах, из которых: Bacillariophyta – 71, Chlorophyta – 4, Суанопрокaryota – 2, Chrysophyta – 3. Диатомовые являлись абсолютными доминантами по численности, биомассе, числу видов и разнообразию. Наиболее массовыми видами планктона были диатомеи: *Cyclotella comensis* Grun. in Van Heurck, *Aulacoseira alpigena* (Grun.) Kramm., *Fragilaria capucina* var. *rumpens* (Kutz.) Lange-Bert. *Stephanodiscus hantzschii* var. *hantzschii* Grun. in Cl. et Grun. Этот комплекс видов представлен преимущественно β-мезосапробами, что свидетельствовало о наличии доступных для водорослей элементов минерального питания и не являлось типичной чертой альгофлоры субарктических олиготрофных водоемов. Основные показатели водорослевых сообществ и соотношение основных таксономических категорий представлены на рис.2.

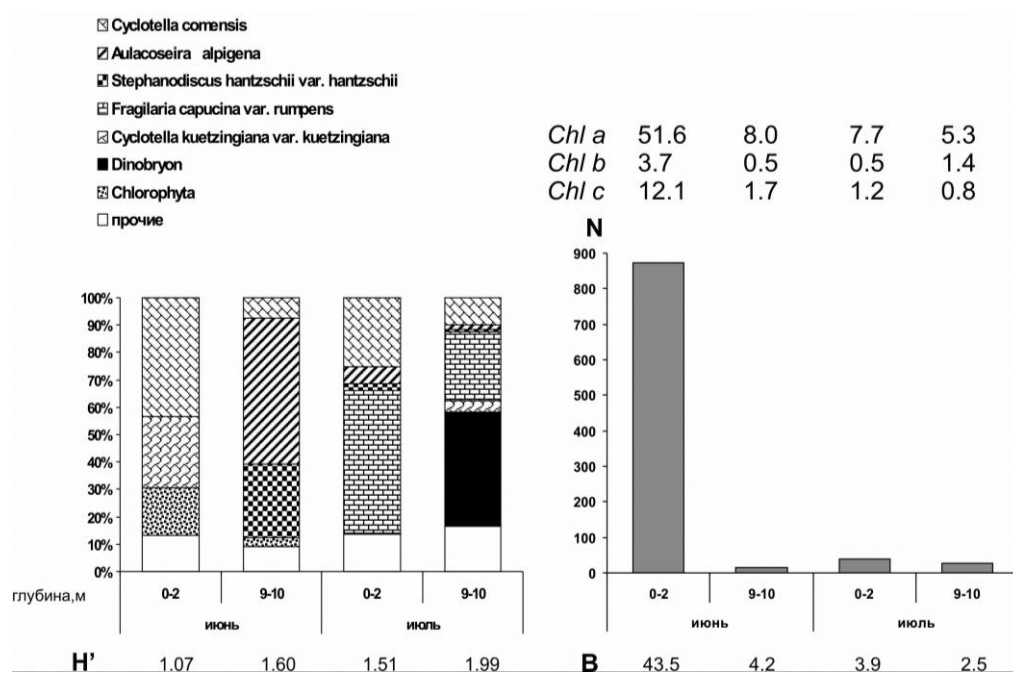


Рис.2. Соотношение доминирующих таксонов водорослей планктона оз.Ковдор на различной глубине в июне и июле (%), индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера ( $H'$ , бит/экз.), биомасса водорослей, ( $B$ , г/м<sup>3</sup>), общая численность ( $N$ , млн экз/л) и содержание хлорофиллов «а», «b» и «с» ( $Chl$ , мг/м<sup>3</sup>)

Массовое развитие водорослей в оз.Ковдор в 2008 г. пришлось на июнь и было приурочено к поверхностным слоям воды. Максимальная доля приходилась на зеленые водоросли, среди которых отмечались *Eudorina elegans* Ehrb. и *Pandorina morum* (Müll.) Vog., являющиеся β-мезосапробами. В июле 2008 г. в пробах с интервала глубин 9-10 м выявлено присутствие значительной доли (до 36%) золотистых водорослей, представленной видами: *Dinobryon bavaricum* Imhof, *D. divergens* Imhof и *Mallomonas pulchella* (Kiss.) Cronberg & Kristiansen. Это типичные представители субарктических олиготрофных вод.

Одним из основных факторов, определяющих распределение водорослей в озере, является низкая прозрачность, не позволяющая им осваивать элементы биогенного питания, находящиеся в глубинных слоях воды. Так, содержание фосфатов ( $PO_4^{2-}$ ) в период массового развития диатомей у поверхности составляло 6 мкгР/л, на глубине (ниже фотического слоя) до 280 мкгР/л. В июле ситуация аналогичная: 39 мкгР/л – у поверхности и 439 мкгР/л – в придонных слоях воды.

Видовое разнообразие фитопланктона в озере невелико, что иллюстрируется резким выделением доминантов. Индекс Шеннона-Уивера варьировал от 1.07 до 1.99 бит/экз. (рис.2).

В норме для водоемов Кольского п-ова средняя за вегетационный период биомасса фитопланктона, как правило, не превышает 1 г/м<sup>3</sup> (Денисов, 2010; Шаров, 2004). Биомасса и численность водорослей в оз.Ковдор на порядки превосходили типичные для не испытывающих антропогенного эвтрофирования озер Кольского п-ова значения: 3.9-43.5 г/м<sup>3</sup> и 40-872 млн экз/л, что особенно ярко проявляется в периоды массового развития (рис.2).

**Содержание хлорофиллов в планктоне.** Наибольшие концентрации хлорофилла «а» в оз.Ковдор были зафиксированы в июне 2008 г, на который приходится максимум развития планктонных водорослей. Экстремально высокие значения концентрации хлорофилла «а» ( $51.6 \text{ мг/м}^3$ ) и биомассы фитопланктона в приповерхностных слоях воды в этот период соответствовали гиперэвтрофному трофическому статусу озера. В последующие месяцы эти показатели были существенно ниже: в июле концентрация хлорофилла «а» –  $7.7 \text{ мг/м}^3$ , в сентябре –  $2.0 \text{ мг/м}^3$  (рис.2).

Индекс сапробности (*S*), рассчитанный по сообществам фитопланктона, варьировал в июне 1.63 – 1.57, в июле от 1.41 до 1.46, что определяло класс качества вод как III – «воды умеренно загрязненные».

Трофический статус озера по содержанию хлорофилла «а» и общей биомассе летнего фитопланктона в 2008 г. может быть оценен как эвтрофный с признаками гиперэвтрофного (OESD, 1982).

**Фитоперифитон.** Сообщества летнего фитоперифитона различных участков озерно-речной системы водоема в период максимального развития обрастаний хорошо отражали характер градиента распространения загрязнителей в пределах водосборного бассейна (Денисов, 2010). Всего в составе фитоперифитона было выявлено 89 таксонов водорослей рангом ниже рода в 3 отделах (табл.5).

По видовому составу резко отличается технологический отстойник, где доминировали синезеленые водоросли (Cyanoprokaryota), способные развиваться в условиях сильного загрязнения. По мере приближения к стоку доля синезеленых уменьшалась с одновременным ростом диатомовых. Это связано как с изменением гидрохимических условий, так и с влиянием течения: росла доля реофильных форм. За пределами оз.Ковдор синезеленые водоросли не были обнаружены в сообществах. В районе поступления стоков вод с хвостохранилища отмечалось развитие зеленых водорослей рода *Ulothrix*. Таким образом, очевидно, наблюдалось снижение концентрации биогенных элементов и загрязнителей и в динамичных условиях реки происходила перестройка сообществ фитоперифитона в сторону доминирования диатомовых водорослей рода *Fragilaria*.

Индекс сапробности (*S*), рассчитанный по показателям фитоперифитона, варьировал незначительно (от 1.06 до 1.35), и по всей протяженности вода в реке соответствовала II классу качества вод – «воды чистые».

### **Зоопланктон**

В видовой структуре зоопланктона р.Верхняя Ковдора, выше источника загрязнения, преобладали коловратки и ветвистоусые ракообразные (табл.5), количество видов в разные годы колебалось от 6 до 13. Количественные показатели низкие: общая численность организмов за период 1997-2000 гг. варьировала в пределах  $20-230 \text{ экз/м}^3$ , биомасса –  $0.02-0.089 \text{ г/м}^3$ . Максимальная биомасса –  $5.37 \text{ г/м}^3$ , отмеченная в августе 1997 г., была обусловлена преобладанием (46% численности и 98% биомассы) в планктоне ветвистоусого рачка *Eurycerus lamellatus*, имеющего большой индивидуальный вес. В июне в планктоне доминировали коловратки – 46-75% от общей численности организмов. Исключение составлял июньский планктон 1999 г., 80% которого было представлено веслоногими ракообразными. В планктоне июля преобладали ветвистоусые и веслоногие ракообразные приблизительно в равном соотношении. С августа по октябрь зоопланктон носил кладоцерный характер. Четко выраженных доминант не выявлено, численно преобладали *Notolca acuminata*, *Kellicottia longispina*, *Asplanchna priodonta*, *Euchlanis dilatata*, *Eurycerus lamellatus*, *Bosmina obtusirostris*, *Daphnia longispina*.

Река Нижняя Ковдора характеризовалась большим видовым разнообразием: количество видов варьировалось от 14 до 22. Общая численность зоопланктона

изменялась от 0.1 до 23.9 тыс. экз/м<sup>3</sup>, биомасса – от 1.13 до 5.42 г/м<sup>3</sup>. Пики численности зоопланктона за весь период наблюдений приходились на июль – период максимального прогрева водных масс, наибольшие значения вызваны развитием коловраток. *Brachionus quadricornis* (β-сапроб) являлся абсолютным доминантом, составляя 62-93% общей численности организмов. Максимальная биомасса зоопланктона была зарегистрирована в августе, что связано с преобладанием ветвистоусых ракообразных. В доминирующей комплекс реки с августа по октябрь входили β-сапроб *Bosmina obtusirostris* и β-α-сапроб *Daphnia longispina*. Наибольшая численность организмов в июле 1998 г. (23 тыс. экз/м<sup>3</sup>) была вызвана массовым развитием коловраток при биомассе 3.15 г/м<sup>3</sup>. Максимальная биомасса сентября (3.96 г/м<sup>3</sup>) была следствием преобладания ветвистоусых ракообразных (численность 10 тыс. экз/м<sup>3</sup>). Для зоопланктона Нижней Ковдоры были характерны высокие количественные показатели вследствие обогащения вод биогенами, а также создания монокультур из устойчивых к загрязнению видов.

В составе зоопланктонных организмов в самом озере насчитывалось 17 таксонов. Из них наиболее широко представлены коловратки (Rotatoria) – 10 и веслоногие ракообразные (Copepoda) – 5, фауна ветвистоусых рачков (Cladocera) в качественном отношении заметно беднее – 2 (табл.6). В руководящий комплекс зоопланктона входили *Asplanchna priodonta*, *Bosmina obtusirostris*, *Daphnia cristata*, *Cyclops sp.* Преимущественное развитие получили «тонкие» фильтраторы *Bosmina* и *Daphnia*. Активные «грубые» фильтраторы из группы Calanoida (*Eudiaptomus graciloides*), способные изымать крупные частицы взвешенных органических веществ, были отмечены редко. На протяжении всего периода отмечалось преобладание мирных фильтраторов над хищными формами ( $B_{\text{хищ}}/B_{\text{мир}} < 1$ ).

Таблица 6

Видовой состав зоопланктона оз.Ковдор

| Виды                                      | Дата отбора проб |            |                                   |            |            |
|---|------------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|
|   | 19.09.2001       | 05.10.2001 | 26.06.2008                        | 28.07.2008 | 05.09.2008 |
| Rotatoria – коловратки                    |                  |            |                                   |            |            |
| <i>Synhaeta sp.</i>                       | x                | x          | x                                 | x          | x          |
| <i>Polyarthra sp.</i>                     | x                | x          | -                                 | x          | x          |
| <i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)           |                  | x          | x                                 | -          | -          |
| <i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)       | x                | x          | x                                 | x          | x          |
| <i>Euhlanis dilatata</i> (Ehrenberg)      | -                | -          | x                                 | -          | -          |
| <i>Brachionus calyciflorus</i>            | -                | -          | x                                 | x          | x          |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)       | x                | x          | -                                 | -          | x          |
| <i>Keratella quadrata</i> (Muller)        | x                | x          | x                                 | x          | x          |
| <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott) | x                | -          | -                                 | -          | -          |
| <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)      | x                | x          | x                                 | x          | x          |
| Cladocera – ветвистоусые                  |                  |            |                                   |            |            |
| <i>Daphnia cristata</i> Sars              | x                | x          | -                                 | -          | x          |
| <i>Bosmina obtusirostris</i> Sars         | x                | x          | x                                 | x          | x          |
| <i>Bythotrephes longimanus</i> (Leydig)   |                  |            | Обнаружен среди кормовых объектов |            |            |
| Copepoda - веслоногие                     |                  |            |                                   |            |            |
| <i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars)        | x                | x          | x                                 | x          | x          |
| <i>Cyclops scutifer</i> Sars              | x                | x          | -                                 | -          | -          |
| <i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)          | -                | x          | -                                 | -          | x          |
| <i>Acanthocyclops gigas</i> (Claus)       | -                | x          | -                                 | -          | -          |
| <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)      | x                | x          | x                                 | -          | -          |



В 2008 г. в течение всего гидробиологического лета численность возрастала от 125 тыс. (июнь) до 1010 тыс. экз/м<sup>3</sup> (июль) и снова снижалась к осени до 155 тыс. экз/м<sup>3</sup> (сентябрь). Биомасса в начале вегетационного периода составляла 0.2 г/м<sup>3</sup>, достигая в максимуме своего развития 2.9-3.5 г/м<sup>3</sup> (табл.7). Средняя индивидуальная масса зоопланктона сообщества  $w=B/N$  невысока – 0.001-0.028 мг, что характеризует преобладание форм, имеющих мелкие размеры.

Таблица 7

Структурные и функциональные показатели зоопланктонного сообщества оз.Ковдор

| 19.09.2001 г.<br>t воды – 8.0 °C | 26.06.2008 г.<br>t воды – 11 °C                                    | 28.07.2008 г.<br>t воды – 13 °C | 05.09.2008 г.<br>t воды – 8 °C |
|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|
| 42.6:51.8:5.6                    | Rotatoria:Cladocera:Сopepoda (%), $N_{\text{общ}}$<br>99.3:0.2:0.5 | 99.5:0.3:0.2                    | 92.2:5.2:2.6                   |
| 19.0:71.3:9.8                    | Rotatoria:Cladocera:Сopepoda (%), $B_{\text{общ}}$<br>87.9:4.5:7.5 | 97.6:2.2:0.2                    | 40.8:30.5:28.8                 |
| 155.3                            | $N_{\text{общ}}$ , тыс. экз/м <sup>3</sup><br>124.5                | 1010.0                          | 158.9                          |
| 3.3                              | $B_{\text{общ}}$ , г/м <sup>3</sup><br>0.2                         | 3.5                             | 0.6                            |
| 0.011                            | $w=B/N$ , мг<br>0.001  | 0.003                           | 0.004                          |
| 1.8                              | Сапробность<br>1.9   | 2.3                             | 2.0                            |

Заметное влияние на количественные показатели зоопланктона оказывал температурный фактор. В более холодном 2008 г. среднемесячная температура воздуха за период с июня по сентябрь составляла 8.1 °C, что почти на 2 °C ниже, чем за тот же промежуток в 2001 г. Биомасса зоопланктона, в том числе кормового, в сентябре 2008 г. по сравнению с сентябрем 2001 г. снижалась в 5 раз (табл.7).

По состоянию зоопланктонного сообщества оз.Ковдор характеризуется как β-мезосапробный водоем (индекс сапробности 1.8-2.3), по шкале трофности принадлежит к β-мезотрофному (2-4 г/м<sup>3</sup>) классу трофности. Индекс видовой разнообразия Шеннона по численности  $H(N)$  варьировал от 1.28 до 2.30 бит/экз.

### Макрозообентос

Донное сообщество насчитывало в своем составе 44 таксона. Группа индикаторных организмов включала представителей поделок, веснянок, ручейников, жуков. Основу численности олигохет составляли тубифициды (около 90%), хирономид – ортокладыны (60%). В верхнем течении р. Ковдора на протяжении всего периода исследований отмечалось наибольшее видовое разнообразие, представленное всеми основными таксономическими группами (табл. 5). Здесь обнаружена и наиболее богатая по составу группа индикаторных организмов (до 17.7% от общей численности). Обычны оксифильные личинки *Baetis rhodani*, *Heptagenia sulfurea*, *Ephemerella ignita* (Ephemeroptera); *Brachyocentrus subnubilis*, *Athripsodes annulicornis* (Trichoptera); *Diura bicaudata* (Plecoptera).

В р.Нижняя Ковдора заметно увеличивалась доля олигохет (от 26.6 до 35.7%), снижалась доля и разнообразие индикаторных организмов (до 5-6%). В составе макробентоса отмечались представители ракообразных Ostracoda (до 37%) и реликтовых рачков *Pontoporeia affinis* (до 50% от общей численности). Более высоких

значений достигла доля моллюсков, основу биомассы которых составляли брюхоногие моллюски *Lymnaea ovata*, *Planorbarius purpura*. Максимальные значения биомассы бентоценоза отмечались в октябре 1999 г. – 4.28 г/м<sup>2</sup>. Изменение видовой структуры и количественных показателей в р.Ковдора, где нет четко выраженных сезонных колебаний, обусловлено особенностями физико-химических свойств воды и грунтов.

По результатам исследований 2008-2009 гг. в составе бентосных сообществ литорали оз.Ковдор зарегистрированы представители 4 классов, 16 семейств – олигохеты (сем. Tubificidae и Lumbriculidae), пиявки (сем. Glossiphoniidae, *Glossiphonia complanata* L., 1758), двустворчатые моллюски (сем. Pisidiidae: pp. Euglesa, Sphaerium, Pisidium), брюхоногие моллюски (семейств Valvatidae, Planorbidae, Lymnaeidae), ручейники (отр. Trichoptera, сем. Mollanidae, Limnephilidae, Leptoceridae), вислкрылки (отр. Megaloptera), веснянки (отр. Plecoptera), двукрылые (отр. Diptera, сем. Tipulidae, Ceratopogonidae, Chironomidae), ракообразные (отр. Amphypoda, р. Gammarius) (табл.8). Среди олигохет доминировали *Lumbriculus variegates* Muller, 1773 и *Tubifex tubifex* Muller, 1773. Среди двустворчатых преобладали мелкие моллюски р. Euglesa, среди брюхоногих прудовик овальный (*Lymnaea ovata* Draparnaud, 1805). Представители остальных групп были единичны.

Таблица 8

Таксономический состав макрозообентоса оз.Ковдор

| Группы беспозвоночных           | Литораль          | Сток озера | Район сброса стоков после КОС |
|---------------------------------|-------------------|------------|-------------------------------|
|                                 | Класс Oligochaeta |            |                               |
| <i>Tubifex sp.</i>              | +                 | -          | +                             |
| <i>Pelosclex ferox</i>          | +                 | -          | -                             |
| <i>Limnidrilus hoffmeisteri</i> | +                 | +          | +                             |
|                                 | Класс Hirudinea   |            |                               |
| <i>Glossiphonia complanata</i>  | +                 | +          | +                             |
|                                 | Класс Bivalvia    |            |                               |
| <i>Pisidium sp.</i>             | +                 | +          | +                             |
| <i>Sphaerum sp.</i>             | +                 | -          | -                             |
|                                 | Класс Gastropoda  |            |                               |
| <i>Valvata sp.</i>              | +                 | +          | -                             |
| <i>Lymnaea ovata</i>            | -                 | +          | -                             |
| <i>Anisus contortus</i>         | +                 | -          | -                             |
|                                 | Класс Insecta     |            |                               |
| Отр. Trichoptera                | +                 | +          | +                             |
| Сем. Lepidistomatidae           | +                 | -          | +                             |
| Сем. Limnephliidae              | +                 | +          | +                             |
| Отр. Coleoptera                 | -                 | +          | -                             |
| Отр. Megaloptera                | -                 | +          | -                             |
| Сем. Tipulidae                  | -                 | +          | -                             |
| Сем. Ceratopogonidae            | -                 | +          | -                             |
| Сем. Chironomidae               | +                 | +          | +                             |
|                                 | Класс Crustaceae  |            |                               |
| Отр. Amphypoda                  | +                 | -          | -                             |

Количественно преобладали личинки хирономид, олигохеты и двустворчатые моллюски, суммарная доля их численности составляла более 90% от общего количества зообентоса. Основу биомассы формировали личинки ручейников – 58% массы донного сообщества. Наиболее часто встречались моллюски р. *Pisidium*, прудовик *Lymnaea ovata*, олигохета *Tubifex tubifex*, личинки хирономид и ручейников, имеющие высокую кормовую ценность.

За период 2008-2009 гг. средний уровень численности зообентоса литоральной зоны озера составлял  $2106 \pm 459$  экз/м<sup>2</sup>, биомассы –  $25.4 \pm 9.3$  г/м<sup>2</sup> (табл.9).

Таблица 9

Численность (экз/м<sup>2</sup>) и биомасса (г/м<sup>2</sup>) основных групп макрозообентоса оз.Ковдор (2008-2009 гг.)

| Таксоны                               | Литораль            | Сток озера         | Район сброса стоков после КОС |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| Кл. Oligochaeta                       | <u>11</u><br>1.9    | <u>760</u><br>1.3  | <u>1080</u><br>5.4            |
| Кл. Hirudinea                         | <u>120</u><br>3     | <u>40</u><br>0.3   | -                             |
| Кл. Bivalvia                          | <u>1380</u><br>8.3  | <u>106</u><br>0.7  | <u>1386</u><br>9.2            |
| Кл. Gastropoda                        | <u>100</u><br>1.4   | <u>13</u><br>4.0   | -                             |
| Кл. Insecta                           |                     |                    |                               |
| Отр. Trichoptera                      | <u>60</u><br>7.7    | <u>93</u><br>40.6  | <u>120</u><br>5.7             |
| Отр. Megaloptera                      | <u>2.7</u><br>0.04  | <u>13</u><br>0.1   | -                             |
| Отр. Plecoptera                       | <u>1.3</u><br>0.004 |                    |                               |
| Отр. Diptera                          |                     |                    |                               |
| Сем. Tipulidae                        | -                   | <u>13</u><br>0.1   | -                             |
| Сем. Ceratopogonidae                  | <u>11</u><br>0.02   | <u>26</u><br>0.1   | <u>26</u><br>0.8              |
| Сем. Chironomidae                     | <u>400</u><br>2.5   | <u>1066</u><br>3.3 | <u>466</u><br>2.4             |
| Кл. Crustaceae                        | <u>20</u><br>0.6    | -                  | -                             |
| Общая численность, экз/м <sup>2</sup> | 2106                | 2130               | 3078                          |
| Общая биомасса, г/м <sup>2</sup>      | 25.4                | 50.5               | 23.5                          |

ПРИМЕЧАНИЕ. В числителе – численность, в знаменателе – биомасса.

Глубоководная часть озера практически не заселена. Здесь были отмечены только единичные экземпляры личинок хирономид и двустворчатые моллюски. Это, вероятно, является следствием угнетения животных в результате формирования дефицита кислорода в глубоководной зоне озера, а также токсического эффекта загрязняющих веществ, накопившихся в донных отложениях.

Трофическая структура макрозообентоса оз.Ковдор характеризуется преобладанием беспозвоночных-грунтозаглатывателей, собирателей-детритофагов и фильтраторов, группировка хищников развита слабо. Преобладание детритных пищевых цепей характерно для водоемов, подверженных антропогенному эвтрофированию.

По уровню биомассы зообентоса трофические условия водоема соответствуют β-эвтрофному типу (20-40 г/м<sup>2</sup> по шкале трофности (Китаев, 1984)). Биотический индекс Ф.Вудивисса не превышает 5 баллов, что указывает на выраженное органическое загрязнение водоема. Воды озера по чистоте принадлежат к III классу – «умеренно загрязненные».

### Ихтиофауна

В водоеме отмечено 8 видов рыб, принадлежащих к четырем фаунистическим комплексам: арктическому пресноводному (сиг *Coregonus lavaretus* (L.), ряпушка *Coregonus albula* (L.), налим *Lota lota* (L.)); бореально-предгорному (кумжа *Salmo trutta* (L.), обыкновенный голец *Phoxinus phoxinus* (L.)); бореально-равнинному (окунь *Perca fluviatilis* (L.), ерш *Symnocephalus cernuus* (L.), щука *Esox lucius* (L.)); понто-каспийскому пресноводному (колюшка девятиглая *Pungitius pungitius pungitius* (L.)). В составе рыбного населения по числу видов и биомассе на первое место выходили представители арктического пресноводного комплекса, супердоминантом, доля которого составляла более 95% улова, являлась ряпушка (рис.3). Все остальные виды малочисленны. Сведения о щуке получены из опросных данных.

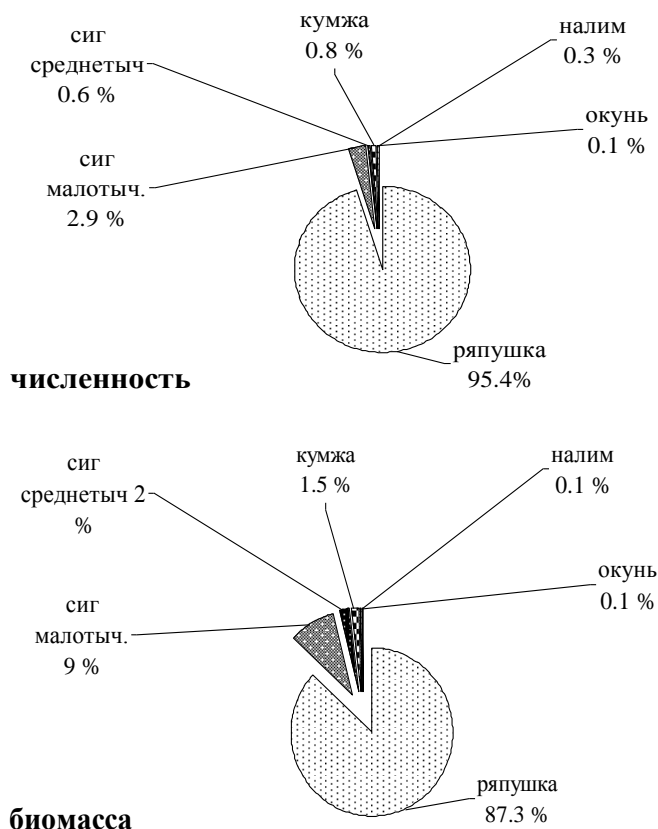


Рис.3. Соотношение видов в уловах (оз.Ковдор, 2001-2008 гг.)

**Ряпушка.** Возрастной состав уловов насчитывал 4 группы, доминировали трехлетние рыбы. Особи старше пяти лет присутствовали единично. Практически все рыбы участвовали в нересте (рис.4).

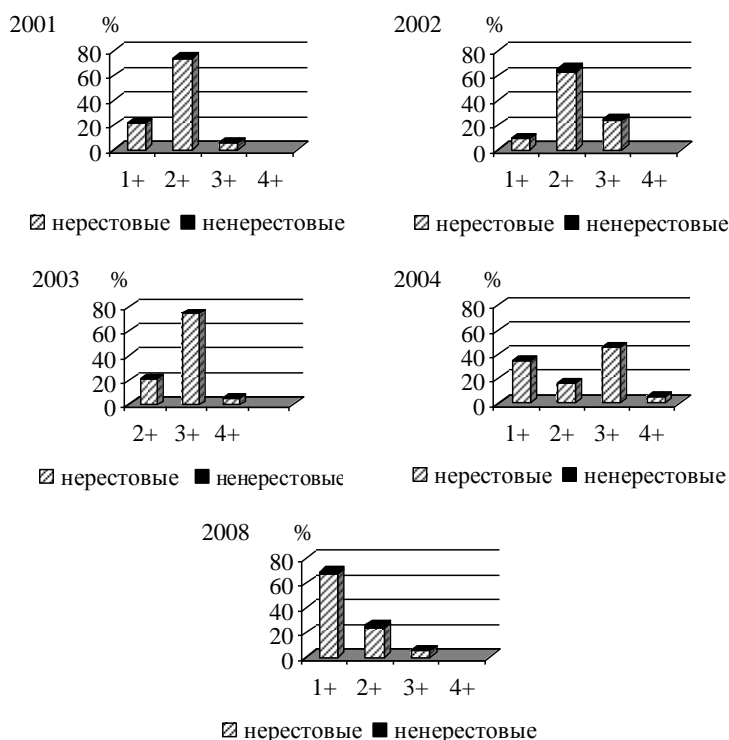


Рис.4. Возрастная структура ряпушки в уловах (оз.Ковдор, 2001-2008 гг.)

Ряпушка характеризовалась высокими линейно-весовыми показателями, средняя длина по Смитту и масса составляли 17.6 см и 60 г, что значительно превосходит типичные для кольских озер показатели (рис.5). Самцы имели более мелкие размеры. Коэффициент упитанности по Фультону в среднем составлял 1.25, закономерно увеличиваясь с возрастом. В половой структуре незначительно доминировали самцы (1.2:1) (табл.10).

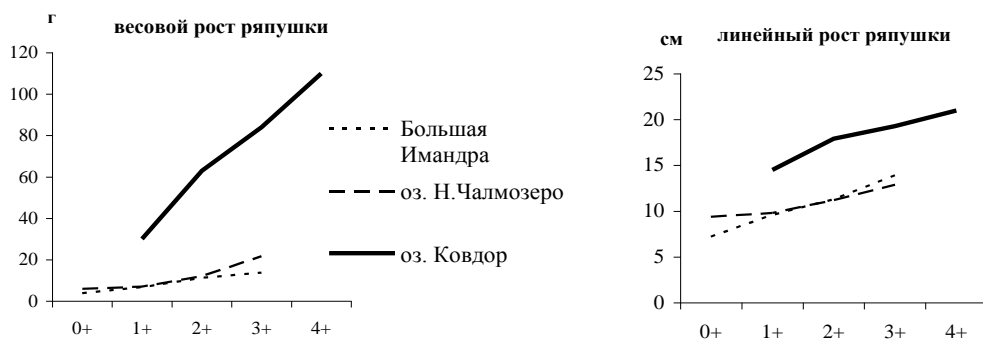


Рис.5. Сравнительная характеристика роста ряпушки некоторых озер Кольского п-ова

Таблица 10

Размерно-возрастные характеристики ряпушки оз.Ковдор

| Параметры               | Возраст, лет             |                          |                          |                          | Среднее        |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
|                         | 1+                       | 2+                       | 3+                       | 4+                       |                |
| Масса, г                | $\frac{8-77}{30}$        | $\frac{23-150}{63}$      | $\frac{29-157}{84}$      | $\frac{79-146}{110}$     | 60             |
| Длина АС, см            | $\frac{9.9-19.2}{14.5}$  | $\frac{14.0-22.5}{17.9}$ | $\frac{16.0-23.0}{19.3}$ | $\frac{19.3-23.0}{21.0}$ | 17.7           |
| Упитанность по Фультону | $\frac{0.78-1.47}{1.11}$ | $\frac{0.67-2.25}{1.26}$ | $\frac{0.68-1.67}{1.29}$ | $\frac{0.59-1.78}{1.31}$ | 1.25           |
| Соотношение ♂:♀         | 1.5:1                    | 1.5:1                    | 1:1                      | 1:9                      | 1.2:1          |
| Количество, экз. (%)    | 124 (18)                 | 380 (55)                 | 173 (25)                 | 10 (2)                   | $\Sigma = 687$ |

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и далее в таблицах: в числителе – пределы варьирования, в знаменателе – среднее значение.

Наблюдения за динамикой ряда морфофизиологических показателей показали их тесную связь с температурой. Для наиболее холодного по среднемесячным температурам гидробиологического лета 2008 г. средняя навеска снизилась в 1.7 раза, упитанность по Фультону – в 1.5 раза по сравнению с данными за теплые 2001-2003 гг. Линейные размеры (длины) варьировали незначительно (рис.6, 7).

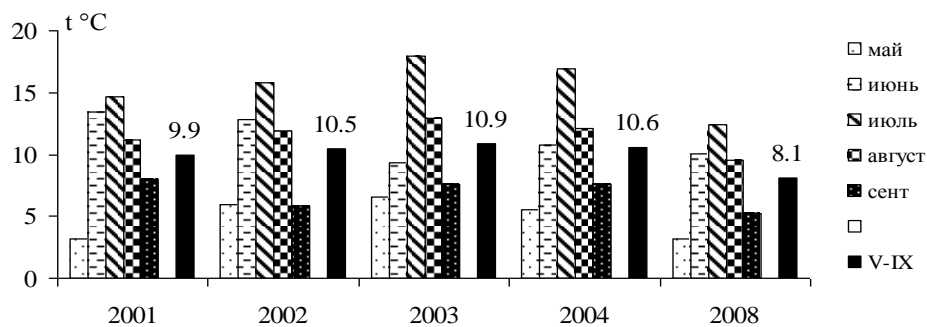


Рис.6. Динамика среднемесячных и средних температур воздуха в Ковдорском районе за период гидробиологического лета

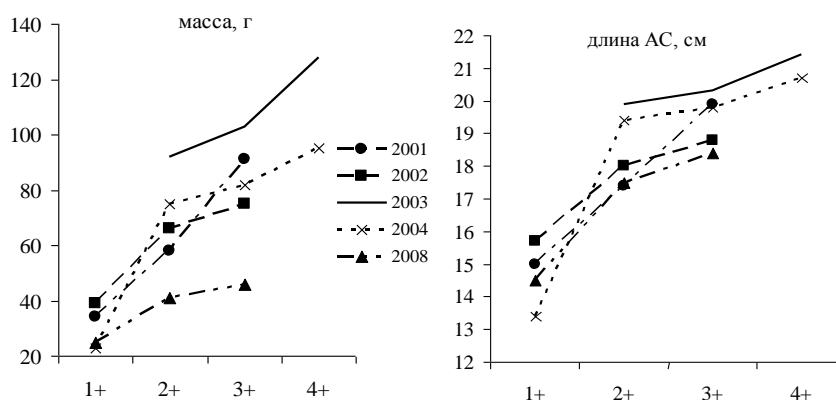


Рис.7. Межгодовые различия размерно-весовых показателей ряпушки оз.Ковдор

Нерест ряпушки происходил в конце сентября и начале октября при температуре воды от 2 до 5 °С. Особи с гонадами IV-V-VI стадий зрелости составляли более 90% от всех рыб в улове, их количество нарастало в каждом возрастном классе, четырехлетние рыбы участвовали в воспроизводстве практически полностью. Тем не менее, в уловах в незначительных количествах присутствовали трех- и четырехлетние особи, имевшие гонады во второй стадии зрелости и, соответственно, пропускавшие нерест. Половозрелыми рыбы становились на втором году жизни, минимальные размеры самцов и самок близки: масса 18 г и длина АС 13.5 см.

Абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП) колебалась от 2.5 до 14.76 тыс. икринок, в среднем составляя 7 тыс. икринок, что в 3.5-7 раз больше, чем в других водоемах Мурманской области, где она не превышает 1-2 тыс. икринок (Антропогенные модификации ..., 2002). Относительная плодовитость (ОИП) варьировала от 37 до 160 шт. икринок, в среднем – 90 (табл.11).

Таблица 11

Характеристики нерестовых ряпушек

| Возраст | Длина АС, см (масса, г) | Вес гонад, г     | Коэффициент зрелости | АИП, шт.             | ОИП, шт.      | Количество экз. |
|---------|-------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1+      | 14.1 (30)               | 3.3-15.0<br>5.6  | 10.5-23.5<br>18.2    | 2500-3500<br>3070    | 94-160<br>126 | 15              |
| 2+      | 18.5 (72)               | 8.0-33.1<br>16.2 | 11.7-31.0<br>19.6    | 2875-13645<br>6760   | 37-147<br>82  | 59              |
| 3+      | 20.1 (93)               | 5.1-36.0<br>17.2 | 6.2-31.8<br>17.9     | 3900-14220<br>8038   | 35-155<br>88  | 54              |
| 4+      | 20.7 (112)              | 3.8-30<br>19.2   | 10.0-26.5<br>18.5    | 11900-14760<br>13300 | 90-130<br>110 | 9               |
| Среднее | 18.8 (78)               | 15.6             | 19                   | 7066                 | 90            | Σ = 137         |

Гепатосоматический индекс (индекс печени) у нерестовых самок был выше, чем у самцов, что является обычным для рыб и объясняется накоплением в печени самок оовителлина, необходимого для роста гонад и в дальнейшем транспортируемого в овоциты. Коэффициент зрелости у самок варьировал в пределах от 16.8 до 22.5 (рис.8), у самцов составил 1.9 (1.4-2.4). Индекс сердца у самцов был выше, чем у самок (соответственно 2.16 и 2.05%).

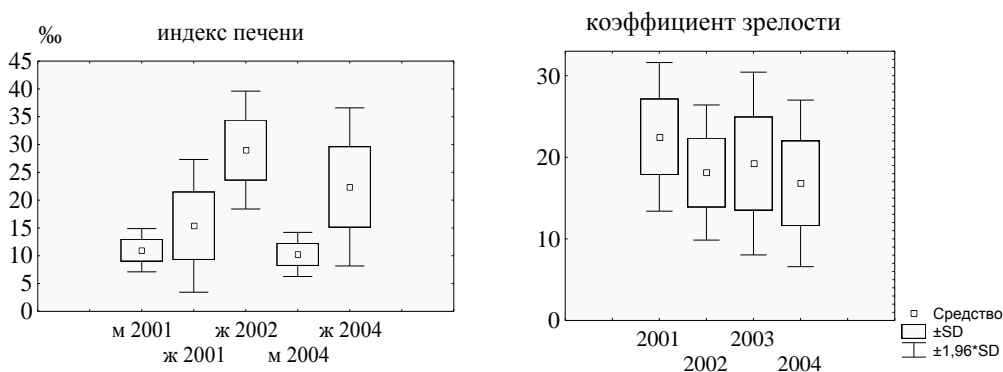


Рис.8. Морфофизиологические показатели ряпушки (оз.Ковдор)

Существование в условиях повышенной трофии проявилось в увеличении жиронакопления у рыб. При визуальном осмотре установлено, что максимальное количество полостного жира, оцениваемого 3-4 баллами, имели 50-80% исследовавшихся ряпушек (рис.9).

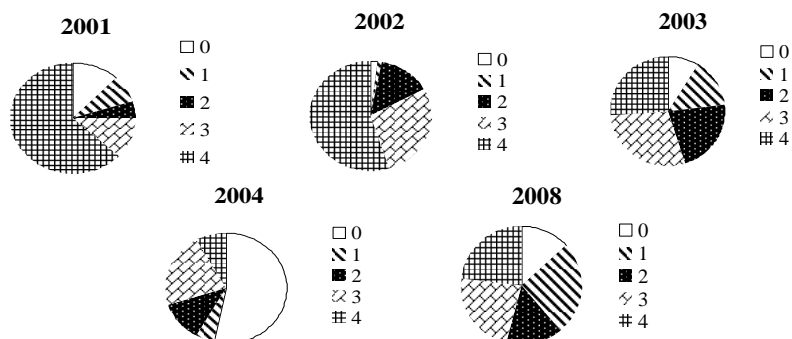


Рис.9. Показатели жиронакопления у ряпушки оз.Ковдор

Отличительной особенностью ковдорских ряпушек было наличие полостного жира у нерестящихся самок (на IV-V стадии зрелости), что в водоемах Кольского п-ова обычно не наблюдается (рис.10).

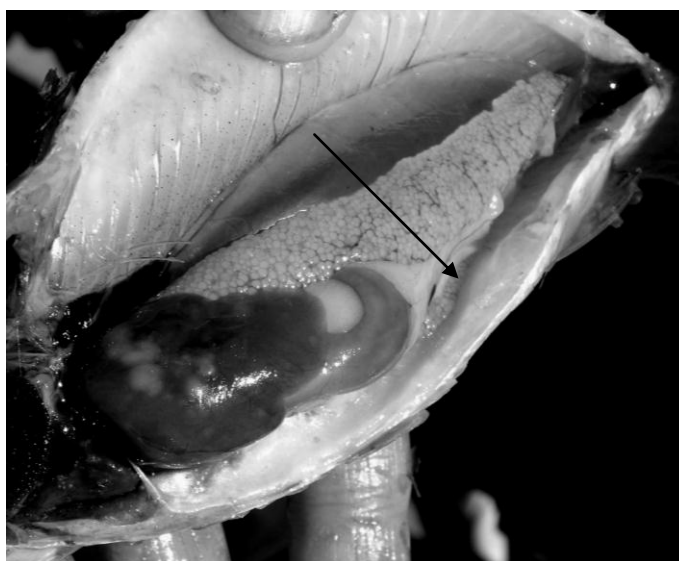


Рис.10. Отложение полостного жира на внутренних органах у нерестящейся самки ряпушки (оз.Ковдор, 2008 г.)

Анализ питания (76 желудков) показал, что пищевой рацион ряпушки состоял из 7 групп беспозвоночных животных. Наиболее массовым и постоянным компонентом пищи являлись ветвистоусые рачки – *Bosmina obtusirostris*, *Daphnia longispina*, из веслоногих рачков – *Cyclops sp.* Второстепенную роль в питании играл зообентос – двустворчатые моллюски *Pisidium sp.*, личинки и куколки хирономид. Единично в желудках встречались водные клопы (сем. Hydrocoridae) и икра (табл.12).



Таблица 12

Питание ряпушки (*F* – частота встречаемости, %; *P* – доля по массе, %)

| Таксоны                      | IX-X, 2001 г.                           |          | X, 2003 г. |          | X, 2004 г. |          | VI, 2008 г. |          | VII, 2008 г. |          | IX, 2008 г. |          |
|------------------------------|---|----------|------------|----------|------------|----------|-------------|----------|--------------|----------|-------------|----------|
|                              | <i>F</i>                                | <i>P</i> | <i>F</i>   | <i>P</i> | <i>F</i>   | <i>P</i> | <i>F</i>    | <i>P</i> | <i>F</i>     | <i>P</i> | <i>F</i>    | <i>P</i> |
|                              | Класс Bivalvia – двустворчатые моллюски |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
| <i>Pisidium sp.</i>          | -                                       | -        | -          | -        | -          | -        | 14          | 6.0      | -            | -        | 8           | 13.5     |
|                              | Класс Crustacea – ракообразные          |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
|                              | Отряд Cladocera – ветвистоусые          |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
| <i>Daphnia longispina</i>    | -                                       | -        | -          | -        | 60         | 30       | -           | -        | 6            | 0.97     | -           | -        |
| <i>Bosmina obtusirostris</i> | 100                                     | 94       | 88         | 98       | 100        | 56       | 14          | 1.0      | 6            | 0.03     | -           | -        |
|                              | Отряд Copepoda – веслоногие             |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
| <i>Cyclops sp.</i>           | -                                       | -        | -          | -        | -          | -        | 86          | 60       | 50           | 22       | -           | -        |
|                              | Класс Insecta – насекомые               |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
|                              | Отряд Heteroptera (клопы)               |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
| Сем. Hydrocoridae            | -                                       | -        | -          | -        | 16         | 3.5      | -           | -        | -            | -        | -           | -        |
|                              | Отряд Diptera – двукрылые               |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
| Сем. Chironomidae            | -                                       | -        | -          | -        | -          | -        | 19          | 2.0      | 50           | 64       | 8           | 6.5      |
|                              | Другие объекты                          |          |            |          |            |          |             |          |              |          |             |          |
| Икра                         | 17                                      | 6        | -          | -        | 16         | 3.5      | -           | -        | -            | -        | -           | -        |
| Неопределяемая масса         | -                                       | -        | 12         | 2        | 33         | 7        | 38          | 31       | 17           | 13       | 92          | 80       |
| Общий индекс наполнения, ‰   | 14.8                                    |          | 9.8        |          | 0.5        |          | 6.0         |          | 9.4          |          | 2.7         |          |
| Количество, экз.             | 6                                       |          | 16         |          | 6          |          | 21          |          | 15           |          | 12          |          |

Нерестящиеся самки ряпушки продолжали питаться, что не характерно для сиговых рыб. Во время нереста спектр питания не менялся, случаи нахождения икры в желудках единичны.

Отмечена значительная вариабельность в объектах питания в зависимости от года и сезона. В 2001, 2003 и 2004 гг. объектами питания являлись ветвистоусые рачки, преимущественно босмины. В неблагоприятном по температурному режиму 2008 г. спектр питания расширился. В июне и сентябре среди кормовых объектов появились двустворчатые моллюски (*Pisidium sp.*), в течение всего периода наблюдений в пищевом комке присутствовали личинки и куколки комаров (сем. Chironomidae), и в июле они составили основу питания ряпушки (65% по массе). Несмотря на то, что в зоопланктонных пробах биомасса босмин была сопоставима с таковой у циклопов (*Cyclops sp.*), их доля по массе в желудках ряпушки не превышала 1%. Качественная однородность состава пищи (монофагия) могла свидетельствовать об агрегированном распределении зоопланктона в водоеме, что позволяет рыбам использовать такие агрегации в пищу. Средняя величина общего индекса наполнения по всей выборке варьировала в различные годы от 0.5 до 14.8‰, максимальный индивидуальный показатель достигал 44‰. Тип питания ряпушки преимущественно планктонный. Организмы зообентоса отмечались в желудках ряпушек длиной свыше 15 см.

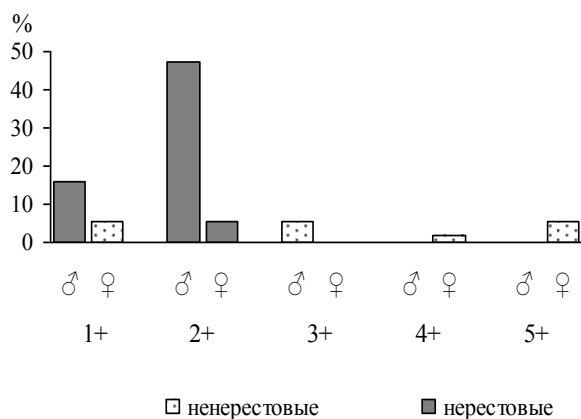
Количество организмов в одном желудке определялось размерами пищевого компонента. Для босмин эта величина изменялась от 220 до 43000 экз., для дафний – от 320 до 600 экз. Зообентосные организмы присутствовали в значительно меньших количествах: личинки хирономид не более 260 экз., куколки хирономид – 84 экз., моллюски – 50 экз.

Анализ интенсивности питания выявил, что во время нереста продолжали питаться от 19 до 30% рыб. Данные по сезонной динамике, прослеженной в 2008 г., показали, что наиболее активный откорм происходил в июне-июле (84-100% питающихся особей) и снижался в сентябре (50%).

В озере совместно обитали среднетычинковые (жаберных тычинок от 31 до 45, в среднем 40) и малотычинковые сиги (жаберных тычинок от 16 до 30, в среднем 24).

Возрастной ряд *среднетычинковых сегов* насчитывал 5 групп (рис.11). Самцы старше четырех лет в улове не отмечены, предельный возраст самок достигал шести лет. В уловах преобладали двух-трехлетние особи (80%).

### среднетычинковые сиги



### малотычинковые сиги

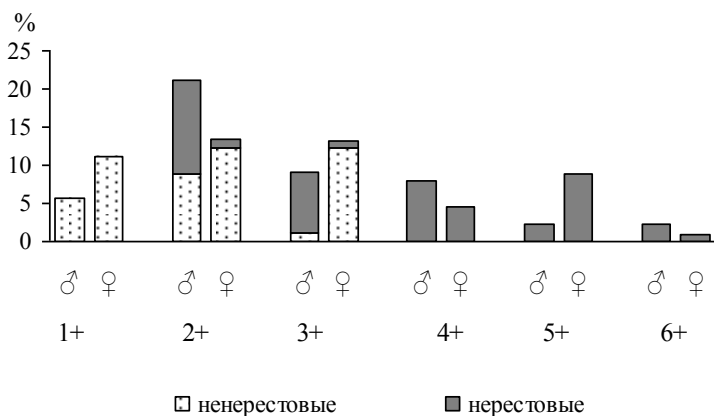


Рис.11. Возрастная и половая структура сегов оз.Ковдор

Средние линейно-весовые размеры составляли 20 см и 144 г, масса наиболее крупной шестилетней самки – 406 г при длине 32 см. Среднее значение коэффициента упитанности по Фультону – 1.31 (табл.13).

Таблица 13

## Размерно-возрастные характеристики сига оз.Ковдор

| Параметры                    | Возраст, лет             |                          |                          |                          |                          |                          | Среднее |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
|                              | 1+                       | 2+                       | 3+                       | 4+                       | 5+                       | 6+                       |         |
| <b>Среднетычинковые сига</b> |                          |                          |                          |                          |                          |                          |         |
| Масса, г                     | <u>17-117</u><br>51      | <u>51-110</u><br>74      | 210                      | <u>244-323</u><br>284    | 406                      | -                        | 114     |
| Длина АС, см                 | <u>12.5-21.5</u><br>16.5 | <u>16.9-22.2</u><br>18.8 | 23.6                     | <u>27.2-29.1</u><br>28.2 | 31.8                     | -                        | 20.1    |
| Упитанность по Фультону      | <u>0.99-1.39</u><br>1.16 | <u>1.14-1.46</u><br>1.28 | 1.84                     | <u>1.47-1.50</u><br>1.48 | 1.52                     | -                        | 1.31    |
| Соотношение ♂:♀              | 3:1                      | 9:1                      | 1:0                      | 0:2                      | 0:1                      | -                        | 2.6:1   |
| Количество, экз. (%)         | 5 (26)                   | 10 (54)                  | 1 (5)                    | 2 (10)                   | 1 (5)                    | 0                        | 19      |
| <b>Малотычинковые сига</b>   |                          |                          |                          |                          |                          |                          |         |
| Масса, г                     | <u>22-105</u><br>83      | <u>68-280</u><br>161     | <u>121-355</u><br>250    | <u>207-458</u><br>295    | <u>221-626</u><br>387    | <u>360-811</u><br>548    | 219     |
| Длина АС, см                 | <u>12.5-21.0</u><br>20.0 | <u>18.5-20.1</u><br>23.5 | <u>21.6-30.9</u><br>27.3 | <u>26.7-33.4</u><br>28.9 | <u>27.0-34.2</u><br>30.5 | <u>31.1-38.5</u><br>34.4 | 25.3    |
| Упитанность по Фультону      | <u>1.12-1.41</u><br>1.32 | <u>1.15-1.52</u><br>1.32 | <u>1.11-2.06</u><br>1.42 | <u>1.25-1.60</u><br>1.42 | <u>1.33-1.89</u><br>1.52 | <u>1.31-1.60</u><br>1.48 | 1.40    |
| Соотношение ♂:♀              | 1:2                      | 1.6:1                    | 1:1.5                    | 1.8:1                    | 1:4                      | 2:1                      | 1:1     |
| Количество, экз. (%)         | 16 (18)                  | 31 (34)                  | 20 (22)                  | 11 (12)                  | 10 (11)                  | 3 (3)                    | 91      |

В половой структуре преобладали самцы, их количество в 2.6 раза больше, чем самок. Половозрелыми самцы становились в двухлетнем возрасте, минимальные размеры самца с гонадами на IV стадии развития равнялись 14.5 см и 25 г, основу нерестового стада составляли рыбы длиной от 16 до 20 см и массой от 45 до 110 г. В сентябрьских-октябрьских уловах все самцы были готовы к нересту, в то время как трехлетняя нерестовая самка присутствовала в единственном экземпляре. Крупные четырех-шестилетние особи как самцы, так и самки в нересте не участвовали.

Сига имели высокие показатели жиронакопления. У двух экземпляров (10%) количество полостного жира визуально определялось на 0 и 1 балл, у основной массы рыб (80%) этот показатель оценивался 3-4 баллами (рис.12).

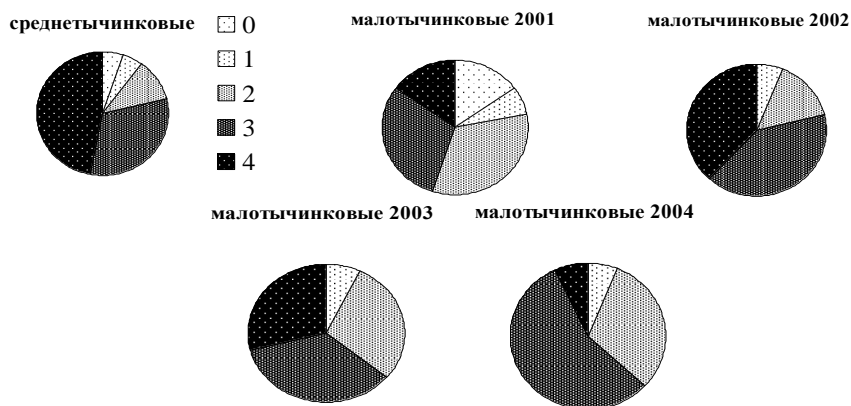


Рис.12. Показатели жиронакопления сига оз.Ковдор (в баллах)

Анализ интенсивности питания выявил, что самцы, участвующие в нересте, откорм прекращают. Степень наполнения желудка на 3 балла отмечена у пропускающей нерест шестилетней самки и у ювенильной особи. Состав пищевого комка был определен у 1 экз., в желудке находилась икра.

Гепатосоматический индекс самцов и самок достоверно не различался, что может объясняться малым количеством самок в выборке и отсутствием среди них нерестящихся, и был равен соответственно 14.5 и 14.2%. Коэффициент зрелости самцов колебался от 0.8 до 2.0 (среднее значение 1.5), у самок определен для одной особи с гонадами на III стадии развития – 23.5. Индекс сердца у самцов и самок не различался (2.08 и 2.11% соответственно).

**Малотычинковые сиги** (83% от численности всех сигов) были представлены шестью возрастными группами, предельный возраст – 7 лет. В уловах преобладали рыбы в возрасте 4-6 лет (рис.11). Средняя навеска малотычинковых сигов составляла 217 г, длина по Смитту – 25.2 см. Максимальные размеры семилетней самки достигали: масса – 810 г, длина АС – 38.5 см. Сиги имели высокий коэффициент упитанности – 1.40 (табл.13). Соотношение полов в целом по выборке практически равное, при разнонаправленном доминировании в каждой возрастной группе.

При сопоставлении длины и массы сигов из оз.Ковдор и оз.Имандра следует отметить более высокие показатели первых, причем как для малотычинковой, так и для среднетычинковой формы (рис.13).

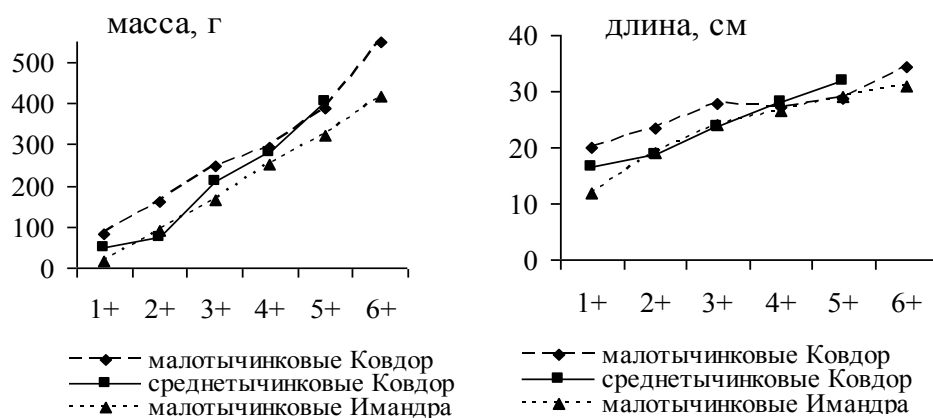


Рис.13. Сравнительная характеристика размерно-возрастной структуры популяций сига в оз.Ковдор (2001-2008 гг.) и в оз.Имандра (1996-1997 гг.)

Самцы становятся репродуктивными в трехлетнем возрасте, минимальные размеры половозрелого сига составляли 22.7 см при массе 116 г. Массовое вступление в нерестовое стадо происходило в пятилетнем возрасте. У самок впервые созревающие особи наблюдались в возрасте 3+, наименьшие зафиксированные размеры готовой к нересту самки составляли 184 г при длине 29 см. Массовое участие в нересте у самцов происходило в четырехлетнем возрасте, самки пополняли нерестовое стадо с пятилетнего возраста.

Показатели жиронакопления также высокие, особи со значительным содержанием полостного жира составляли более половины из просмотренных рыб (рис.12).

Абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП) колебалась от 4.3 до 54 тыс. икринок, в среднем составляя 16.8 тыс. икринок (табл.14), что выше, чем у сигов из водохранилища Имандра, где максимальная АИП не превышала 30 тыс. икринок, а средняя для пяти-шестилетних самок была 6.6 и 9 тыс. икринок соответственно (Антропогенные модификации ..., 2002). Аналогичная закономерность выявлена и для относительной плодовитости, средние показатели у самок из оз.Ковдор в 1.4 раза больше, чем у «имандровских» рыб.

Таблица 14

Характеристики самок малотычинкового сига

| Возраст          | Стадия зрелости | Длина АС, см (масса, г) | Вес гонад, г      | Коэффициент зрелости | АИП, тыс. шт.        | ОИП, шт.    | Количество, экз. |
|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------|------------------|
| 1+               | I-II            | 19.9 (91)               | 0.1               | 0.05-0.20<br>0.1     | -                    | -           | 6                |
| 2+               | II              | 26.5 (242)              | 0.7               | 0.29                 | -                    | -           | 1                |
| 3+               | II-III          | 28.1 (265)              | 0.50-2.10<br>0.86 | 0.32<br>0.19-0.70    | -                    | -           | 8                |
| 4+               | IV              | 27.6 (270)              | 18-36<br>24.7     | 7.3-13.4<br>9.2      | 6.415-8.8<br>7.6     | 19-24<br>22 | 4                |
| 5+               | IV              | 30.4 (390)              | 24-73<br>38       | 5.3-12.5<br>9.8      | 4.25-26.76<br>13.045 | 18-56<br>32 | 8                |
| 6+               | IV              | 38.8 (811)              | 97                | 12                   | 54.029               | 67          | 1                |
| Среднее<br>4+-6+ | IV              | 30.1 (389)              | 39                | 10                   | 16.8                 | 36          | Σ = 28           |

Анализ питания (25 экз.) показал, что пищевой рацион малотычинковых сигов состоял из 9 групп беспозвоночных животных и был представлен зообентосными организмами: двустворчатыми моллюсками (р. *Euglesa* и р. *Pisidium*), личинками комаров (сем. *Chironomidae*) (табл.15). Второстепенную роль в питании играли брюхоногие моллюски (сем. *Limnaeidae* и *Valvatidae*). Единично были отмечены ветвистоусые рачки (*Bythotrephes sp.*), личинки ручейников и мокрецов. В октябре 2002 г. более половины исследованных желудков были заполнены икрой ряпушки, что доказывает влияние сигов на эффективность ее нереста. Общий индекс наполнения был небольшим и варьировал у отдельных рыб от 0.1 до 18.0‰, средние значения по выборке изменялись от 1.2 до 9.1‰, что объясняется сбором материала в основном в преднерестовый период, когда активное питание уже прекращается.

Наибольшее количество личинок хирономид, обнаруженных в одном желудке, достигало 135 экз., моллюсков р. *Euglesa* – 112, мокрецов – 28 организмов.

Анализ интенсивности питания выявил, что период откорма у сигов достаточно продолжительный и может продолжаться во время нереста.

**Кумжа** в уловах была представлена особями 2-6 года жизни с преобладанием младших возрастов (рис.14).

Масса варьировала от 32 до 547 г (в среднем 138), длина по Смитту – от 14.8 до 35.3 см (в среднем – 20.9) (табл.16). Коэффициент упитанности высокий – 1.47. Половая структура характеризовалась преобладанием самок.

Таблица 15

Питание малотычинкового сига  
(*F* – частота встречаемости, %; *P* – доля по массе, %)

| Таксоны                                 | IX-X, 2001 г. |          | X, 2003 г. |          | X, 2004 г. |          | VI, 2008 г. |          |
|---|---------------|----------|------------|----------|------------|----------|-------------|----------|
|   | <i>F</i>      | <i>P</i> | <i>F</i>   | <i>P</i> | <i>F</i>   | <i>P</i> | <i>F</i>    | <i>P</i> |
| Класс Bivalvia – двустворчатые моллюски |               |          |            |          |            |          |             |          |
| <i>Pisidium sp.</i>                     | -             | -        | 12.5       | 1.0      | -          | -        | -           | -        |
| <i>Euglesa sp.</i>                      | 18            | 1.0      | 50         | 44       | -          | -        | 100         | 64       |
| Класс Gastropoda – брюхоногие моллюски  |               |          |            |          |            |          |             |          |
| <i>Valvata sp.</i>                      | 9             | 2.0      | -          | -        | -          | -        | -           | -        |
| <i>Limnea ovata</i>                     | 9             | 1.0      | -          | -        | -          | -        | -           | -        |
| Класс Crustacea – ракообразные          |               |          |            |          |            |          |             |          |
| Отряд Cladocera (ветвистоусые)          |               |          |            |          |            |          |             |          |
| <i>Bythotrephes longimanus</i>          | 18            | 20       | -          | -        | -          | -        | -           | -        |
| Класс Insecta – насекомые               |               |          |            |          |            |          |             |          |
| Отряд Trichoptera – ручейники           |               |          |            |          |            |          |             |          |
| <i>Trichoptera sp.</i>                  | 9             | 6.0      | -          | -        | -          | -        | -           | -        |
| Отряд Diptera – двукрылые               |               |          |            |          |            |          |             |          |
| Сем. Chironomidae – звонцы              | 45            | 32       | -          | -        | 20         | 48       | -           | -        |
| Сем. Ceratopogonidae – мокрецы          | -             | -        | -          | -        | 20         | 44       | -           | -        |
| Другие объекты                          |               |          |            |          |            |          |             |          |
| Икра                                    | 9             | 3.0      | 63         | 51       | 60         | 8        | -           | -        |
| семена                                  | -             | -        | 12.5       | 4.0      | -          | -        | -           | -        |
| Неопределяемая масса                    | 54            | 35       | -          | -        | -          | -        | 100         | 36       |
| Общий индекс наполнения, ‰              | 8.5           |          | 9.1        |          | 1.2        |          | 3.3         |          |
| Количество, экз.                        | 11            |          | 8          |          | 5          |          | 1           |          |

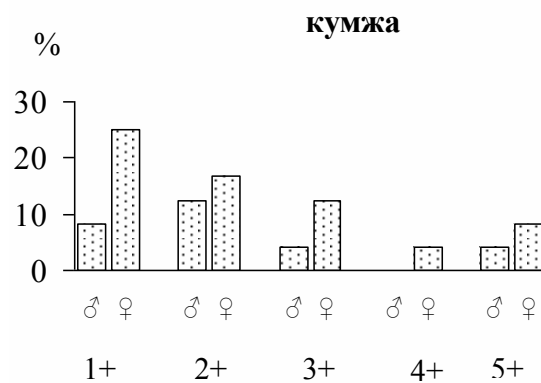


Рис. 14. Возрастная и половая структура кумжи оз.Ковдор

Несмотря на высокий коэффициент упитанности, у более 70% особей имелось незначительное количество внутривисцерального жира (1-2 балла) или он отсутствовал.

Таблица 16

Размерно-возрастные характеристики кумжи оз.Ковдор

| Параметры               | Возраст, лет             |                          |                          |       |                          | Среднее |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|---------|
|                         | 1+                       | 2+                       | 3+                       | 4+    | 5+                       |         |
| Масса, г                | <u>32-112</u><br>57      | <u>63-133</u><br>88      | <u>81-144</u><br>110     | 238   | <u>467-547</u><br>503    | 138     |
| Длина АС, см            | <u>14.2-20.8</u><br>16.8 | <u>17.8-23.3</u><br>19.8 | <u>18.8-22.4</u><br>20.9 | 26.5  | <u>33.2-35.5</u><br>33.9 | 20.9    |
| Упитанность по Фультону | <u>1.32-1.67</u><br>1.47 | <u>1.10-1.83</u><br>1.42 | <u>1.39-1.50</u><br>1.44 | 1.58  | <u>1.49-1.66</u><br>1.57 | 1.47    |
| Соотношение ♂:♀         | 1:1.5                    | 1:1                      | 1:3                      | 0:1   | 1:2                      | 1:2     |
| Количество, экз. (%)    | 9 (38)                   | 7 (29)                   | 4 (17)                   | 1 (4) | 3 (12)                   | Σ = 24  |

Предположительно, кумжа не является постоянной обитательницей озера и мигрирует из р. Ковдора для откорма, поскольку рыбы имели гонады на I-II стадиях зрелости. Данные по питанию немногочисленны, в двух желудках были обнаружены гольян и девятииглая колюшка. В целом интенсивность питания невысокая, рыбы с пустыми желудками или с минимальной степенью наполнения последних составляли 40% от всех исследованных особей.

**Окунь** в уловах впервые появился в 2008 г. Среди выловленных рыб преобладали трехлетние особи (рис.15).

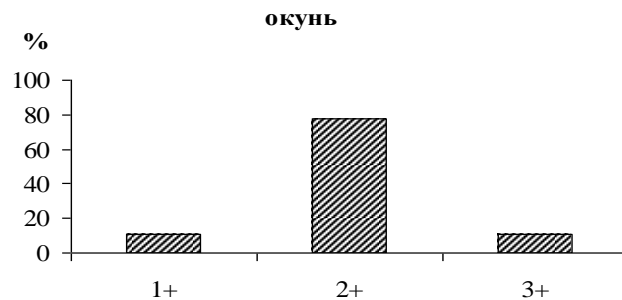


Рис.15. Возрастная структура окуня оз.Ковдор

Окунь имел мелкие размеры: длина АС – 12.5-16.0 см (в среднем 14.4), масса 25-58 г (в среднем 40 г). Отличался наиболее высоким среди всех исследованных рыб коэффициентом упитанности – 1.73. Половая структура демонстрировала резкое доминирование самок (табл.17).

Таблица 17

Размерно-возрастные характеристики окуня оз.Ковдор

| Параметры               | Возраст, лет |                          |        | Среднее |
|-------------------------|--------------|--------------------------|--------|---------|
|                         | 1+           | 2+                       | 3+     |         |
| Масса, г                | 25           | <u>28-58</u><br>41       | 54     | 40      |
| Длина АС, см            | 12.5         | <u>13.0-16.0</u><br>14.6 | 15.5   | 14.4    |
| Упитанность по Фультону | 1.64         | <u>1.50-2.05</u><br>1.71 | 1.97   | 1.73    |
| Соотношение ♂:♀         | 0:1          | 1:2.5                    | 0:1    | 1:3.5   |
| Количество, экз. (%)    | 1 (11)       | 7 (78)                   | 1 (11) | Σ = 9   |

Все особи имели гонады I-II стадии развития, т.е. представляли собой нагульное стадо.

В летний период спектр питания окуня был представлен 5 группами организмов. По частоте встречаемости в июле преобладали куколки и личинки комаров (сем. Chironomidae) и девятииглая колюшка, далее следовали бокоплавцы. Единично отмечена пиявка. По биомассе доминировала девятииглая колюшка. В сентябре окунь питался исключительно гольяном (табл.18). Общий индекс наполнения желудков у отдельных рыб варьировал от 0.1 до 164‰, средние величины по выборке в июле и июне составляли соответственно 13.6 и 121‰. Интенсивность питания высокая, из 9 экз. только один имел пустой желудок. Наибольшее количество куколок комаров, обнаруженное в одном желудке, достигало 110 экз., личинок комаров – 5 экз., пиявок – 4 экз., колюшек – 3 экз.

Таблица 18

Питание окуня (*F* – частота встречаемости, %; *P* – доля по массе, %) в 2008 г.

| Таксоны  | Июль     |          | Сентябрь |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
|  | <i>F</i> | <i>P</i> | <i>F</i> | <i>P</i> |
| Класс Hirudinea (пиявки)                                   |          |          |          |          |
| <i>Glossiphonia complanata</i>                             | 25       | < 0.01   | -        | -        |
| Класс Malacostraca (высшие раки)                           |          |          |          |          |
| Отряд Amphipoda (бокоплавцы)                               |          |          |          |          |
| <i>Pallasea quadrispinosa</i>                              | 50       | 2.5      | -        | -        |
| Класс Insecta (насекомые)                                  |          |          |          |          |
| Отряд Diptera (двукрылые)                                  |          |          |          |          |
| Семейство Chironomidae (звонцы)                            | 75       | 11.5     | -        | -        |
| Класс Osteichthyes (костные рыбы)                          |          |          |          |          |
| Семейство Cyprinidae (карповые)                            |          |          |          |          |
| <i>Phoxinus phoxinus</i> (гольян)                          | -        | -        | 100      | 100      |
| Семейство Gasterosteidae (колюшковые)                      |          |          |          |          |
| <i>Pungitius pungitius pungitius</i> (девятииглая колюшка) | 75       | 86       | -        | -        |
| Общий индекс наполнения, ‰                                 | 13.6     |          | 121      |          |
| Количество, экз.   | 4        |          | 3        |          |

**Налим** в уловах представлен двумя особями – ювенильной с массой 135 г и длиной 23.0 см и самцом массой 204 г и длиной 29.5 см. Коэффициент упитанности невысокий – 0.78. Данных по питанию нет.

### Заклучение

Изменение качества воды и, соответственно, условий обитания гидробионтов вызывается множеством факторов, среди которых основными являются загрязнение различного рода поллютантами и антропогенное эвтрофирование (Болотова и др., 1996; Кашулин и др., 1999; Антропогенные модификации ..., 2002).

Анализ гидрохимических данных по оз.Ковдор показал, что концентрации всех химических элементов, в том числе и биогенов, в нем выше, чем в не загрязняемых условно-фоновых водоемах Мурманской области. Содержание общего фосфора в различные годы и сезоны достигало 220-440 мкг/л (природное – 7-16 мкг/л), общего азота до 980-2300 мкгN/л (природное – 300-700 мкг/л). Выраженный процесс антропогенного эвтрофирования сопряжен с загрязнением тяжелыми металлами (ТМ), являющимися одними из самых опасных видов поллютантов вследствие их высокой токсичности. Предельно допустимые концентрации, установленные для рыбохозяйственных водоемов, по большинству ТМ не превышены, что позволяет оценить гидрохимические условия как субтоксичные.



Водорослевые сообщества оз.Ковдор и прилегающих водотоков характеризуются большим числом видов при сравнительно низком индексе видового разнообразия, что обусловлено ярко выраженными доминантами в структуре сообществ. Фитопланктон в озере способен к массовому развитию диатомовых водорослей в начале лета в поверхностных слоях воды, что обусловлено высоким содержанием в воде элементов минерального питания, в основном фосфатов. При этом низкая прозрачность воды не позволяет водорослям использовать фосфаты в более глубоких слоях воды. Это обуславливает резкое отличие видового состава, структуры, численных характеристик водорослевых сообществ в поверхностных и глубоких слоях водной толщи. Сезонная динамика характеризуется резким пиком массового развития диатомового планктона в начале лета. Данные прошлых лет свидетельствуют о значительной интенсификации процессов антропогенного эвтрофирования в озере. Обрастания (фитоперифитон) на литорали оз.Ковдор и прилегающих водотоках формируют устойчивые сообщества, богатые по числу видов, с ярко выраженными доминантами. По экологическим характеристикам их можно назвать олиготрофно-мезотрофными. Являясь экотонными сравнительно устойчивыми сообществами, обрастания более четко, нежели фитопланктон, отражают состояние водоема, что особенно важно учитывать при нерегулярных наблюдениях. С другой стороны, заниженные показатели сапробности, рассчитанные по фитоперифитону, могут быть следствием токсической нагрузки.

В зоопланктонном сообществе происходило снижение видового разнообразия за счет исчезновения чувствительных к ухудшению экологических условий реликтов и представителей фауны олиготрофных озер (*Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata*). Состав руководящего комплекса слагался из мелких, с простыми жизненными циклами и высокой скоростью размножения эврибионтных видов, типичных индикаторов загрязнения: коловраток *Asplanhca priodonta*, *Synhaeta sp.*, *Brachionus calyciflorus*, *Polyarthra sp.*, *Keratella quadrata* и ветвистоусого рачка *Bosmina obtusirostris*. Роль коловраток как естественного биофильтра по своей мощности не сравнима с ракообразными, что свидетельствует об ухудшении самоочистительной способности водоема. Меньшее таксономическое разнообразие озерного зоопланктона объясняется более коротким рядом наблюдений (по сравнению с речным) и сроками отбора (преимущественно осень, т.е. в период снижения его функциональной активности). Показатели общей численности и биомассы озерного зоопланктона почти на порядок превышали таковые, характерные для олиготрофных субарктических водоемов – 0.68-28.26 тыс. экз/м<sup>3</sup> и 0.001-0.38 г/м<sup>3</sup> соответственно (Большие озера ..., 1975; Рыбы ..., 1966). Зоопланктон, являясь одним из компонентов кормовой базы рыб, играет значительную роль в рыбопродуктивности водоема, при среднем уровне трофности (2-4 г/м<sup>3</sup>) и кормовая база может быть оценена как достаточная.

Хорошая обеспеченность пищевыми ресурсами обусловила высокую численность ряпушки, а также присутствие сравнительно редко встречающейся среднетычинковой формы сига. Особый интерес представляет состояние популяции ряпушки, приобретшей в условиях повышенной трофии пластические признаки, характерные для крупной формы ряпушки карельских водоемов. Ее весовые характеристики при сравнении с одновозрастными ряпушками олиготрофных водоемов выше в 2-3 раза, линейные в 1.3-1.4 раза. Отсутствие пропусков в нересте и короткий жизненный цикл позволяют отнести ее к мелкой форме ряпушки, популяция которой сформировалась по аллопатрическому

типу. Для крупной формы типичным был бы более длинный возрастной ряд (до 10 возрастных классов) и неежегодность нереста, как это наблюдается у ряпушек Ладожского озера, озер Карелии и Норило-Пясинской водной системы (Максимов и др., 1995). Вместе с тем ковдорская ряпушка имеет близкие размерно-весовые характеристики при сравнении с одновозрастной крупной ряпушкой (кильцом) из Онежского озера (Бабий, Сергеева, 2003). С улучшением условий питания увеличивается численность популяции рыб, это сопровождается ускорением темпов роста, более ранним созреванием, увеличением плодовитости, повышением жирности, снижением смертности на всех этапах онтогенеза. В исследованном водоеме следует говорить о выживании в условиях хронического токсикоза и включении компенсаторных (защитных) механизмов, позволивших не только поддерживать высокую численность, но и достичь предельных для данной мелкой формы размеров.

По совокупности морфофизиологических признаков (возрастная структура, особенности созревания, размерно-весовые характеристики) обитающая в оз.Ковдор ряпушка относится к мелкой форме. На изменение трофического статуса водоема ответные реакции на популяционном уровне проявились в увеличении линейно-весовых показателей (соответственно в 2 и 6 раз относительно типичных для олиготрофных озер), темпа роста, показателя упитанности и количества продуцируемой икры (в среднем 6.5 тыс. икринок, что в 4-6 раз больше, чем в других водоемах). Увеличение размеров позволило расширить спектр питания. В неблагоприятных условиях при достижении длины 15 см ряпушка, наряду с зоопланктоном, включала в свой рацион бентосные организмы, что может снижать внутривидовую конкуренцию в условиях высокой плотности популяции.

Таким образом, несмотря на значительное антропогенное загрязнение, экосистема озера Ковдор сумела приспособиться к нарушенным условиям обитания. Такие виды, как кумжа, окунь и сиг, используют его в качестве нагульного водоема. Более короткоцикловый вид – ряпушка сохранил способность успешно размножаться и обеспечивает в настоящее время основной запас ихтиомассы в водоеме. Наличие представителей лососевых и сиговых позволяет отнести оз.Ковдор к водоему высшей рыбохозяйственной категории. Организация промышленного лова в ограниченных масштабах нецелесообразна, поскольку поступающие и уже имеющиеся в донных осадках нефтепродукты и их производные, накапливаясь в организме рыб, сделали мясо рыб непригодными для употребления в пищу.

В силу того что весь жизненный цикл гидробионтов проходит в воде, они являются наиболее чувствительными к изменению качества водной среды по сравнению с другими животными. Качественные и количественные показатели гидробионтов проявляют определенную специфику в зависимости от степени техногенного загрязнения водоема и хорошо отражают различия в условиях существования гидробионтов как в водоеме в целом, так и в его отдельных участках. Влияние эвтрофирования на экологическое состояние оз.Ковдор идет по тому же пути, что и в других водоемах (Изменения структуры ..., 1982; Одум, 1986; Терещенко и др., 2004). Изменения выявляются на всех уровнях организации гидробиоценоза, высокие количественные показатели отмечены по всей длине пищевой цепи, начиная от первичных продуцентов и заканчивая рыбами-планктонофагами. Данные по начальному состоянию данного водоема отсутствуют, но в настоящее время можно сказать, что поток энергии идет по планктонному пути: фитопланктон – зоопланктон – ряпушка.

Трофический статус водоема по различным показателям и в зависимости от сезона изменяется от мезотрофного до гиперэвтрофного. Качество воды по индексу сапробности в р.Ковдора выше источника загрязнения оценивается как «воды чистые», ниже – как «умеренно загрязненные». В самом озере по содержанию хлорофилла «а», уровню биомассы летнего фито- и зоопланктона, наличию β-мезосапробов среди фито- и зоопланктеров и макрозообентосных организмов качество вод соответствует III классу – «умеренно загрязненные воды». Исходя из индексов сапробности, рассчитанных по фитоперифитону, класс качества вод может быть оценен как II – «чистые воды». Таким образом, реальное состояние водоема в настоящее время, очевидно, соответствует III классу качества.

## Литература

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 1953. 294 с.
- Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Ч.1: Ковдорский район / под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. 234 с.
- Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / под ред. Т.И. Моисеенко. М.: Наука, 2002. 403 с.
- Бабий А.А. Крупная ряпушка – килец *Coregonus albula* Онежского озера / А.А.Бабий, Т.И.Сергеева // Вопр. ихтиологии. 2003. Т.43, № 3. С. 345-351.
- Болотова Н.Л. Изменение рыбной части сообщества и уловов при эвтрофировании крупного северного озера / Н.Л.Болотова и др. // Вопр. ихтиологии. 1996. Т.36, № 4. С. 470-480.
- Большие озера Кольского полуострова / под ред. Л.Ф.Форш, В.Г.Драбковой. Л.: Наука, 1975. 350 с.
- Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555-571.
- Денисов Д.Б. Экологические особенности водорослевых сообществ разнотипных субарктических водоемов // Вестник Кольского науч. центра РАН. 2010. № 1. С. 48-55.
- Изменения структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема / под ред. М.И.Шатуновского. М.: Наука, 1982. 248 с.
- Кашулин Н.А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения / Н.А.Кашулин. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. 142 с.
- Кашулин Н.А. Рыбы малых озёр Северной Фенноскандии в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2004. 130 с.
- Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
- Кузнецов С. И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л.: Наука. 1970. 440 с.
- Максимов С.В. Сибирская ряпушка *Coregonus sardinella* из водоемов Норило-Пясинской водной системы / С.В.Максимов и др. // Вопр. ихтиологии. 1995. Т.35, № 4. С. 445-454.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 256 с.
- Мина М.В. задачи и методы изучения в природных условиях // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука, 1981. С. 177-195.
- Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с.

- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 375 с.  
 Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.  
 Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. 334 с.  
 Сметанин М.М. О методах определения возраста рыб (обзор) / М.М.Сметанин и др. // Биология внутренних вод. 2002. № 2. С. 15-19.  
 Терещенко В.Г. Формирование структуры рыбного населения водохранилища при интродукции новых видов рыб с первых лет его существования / В.Г.Терещенко // Вопр. ихтиологии. 2004. Т.44, № 5. С. 619-631.  
 Шаров А.Н. Фитопланктон водоемов Кольского полуострова. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2004. 113 с.  
 Яковлев В.А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. Ч.1.161 с.  
 Dauvalter V. Metal concentrations in sediments in acidifying lakes in Finnish Lapland // Boreal Environment Res. 1997. Vol.2. P. 369-379.  
 Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Res. 1980. Vol.14. P. 975-1001.  
 OECD. Eutrophication of waters: monitoring assessment and control / R.A.Vollenveider, J.J.Kerekes. Paris, 1982. 154 p.  
 Tuchman N.C. Relative importance of microbes versus macroinvertebrate shredders in the process of leaf decay in lakes of differing pH // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1993. Vol.50. P. 2707-2712.

*Сведения об авторах*

**Королева Ирина Михайловна,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Валькова Светлана Александровна,**

кандидат биологических наук, научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Вандыш Оксана Ивановна,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Денисов Дмитрий Борисович,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Терентьев Петр Михайлович,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Сандимиров Сергей Степанович,**

кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Даувальтер Владимир Андреевич,**

доктор географических наук, главный научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Кашулин Николай Александрович,**

доктор биологических наук, заведующий лабораторией «Водные экосистемы» Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

**Koroleva Irina Mikhaylovna,**

PhD(Bio), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Valkova Svetlana Alexandrovna,**

PhD(Bio), Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Vandysh Oxana Ivanovna,**

PhD(Bio), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Denisov Dmitry Borisovich,**

PhD(Bio), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Terentjev Peter Mikhailovich,**

PhD(Bio), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Sandimirov Sergey Stepanovich,**

PhD(Geo), Senior Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Dauvalter Vladimir Andreyevich,**

Dr.Sc.(Geo), Leading Research Fellow of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

**Kashulin Nikalay Alexandrovich,**

Dr.Sc.(Bio), Head of the Water Ecosystem Laboratory of Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences