

СТАНИСЛАВ ПЕТРОВИЧ КИТАЕВ

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*kitaev.stas00@mail.ru*

ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ САВОСИН

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*szhanya@list.ru*

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОВАРНОЙ ФОРЕЛИ\*

Представлены результаты гидробиологических исследований сообщества макрозообентоса озера Верхнее Пулонгское, расположенного в северной части Карелии. Данна оценка современного состояния донной фауны в летне-осенний период при товарном выращивании радужной форели. Анализ полученных данных показал, что по уровню количественного развития бентоса озеро Верхнее Пулонгское можно классифицировать как  $\beta$ -олиготрофный водоем амфиподо-ортокладиновой группы, типичный для зоны тайги и не испытывающий значительной антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: пресноводные экосистемы, макрозообентос, биомасса, численность, форелеводство

### ВВЕДЕНИЕ

Пресноводные экосистемы при современном уровне развития рыбохозяйственной деятельности (промышленного рыбоводства) подвержены существенному антропогенному влиянию. В результате загрязнения происходит трансформация условий водной среды, способная привести к изменениям в гидробиоценозе водоемов. Проведение постоянного мониторинга состояния экосистемы дает представление об уровне и скорости загрязнения отходами садкового хозяйства при товарном выращивании радужной форели.

Промышленное форелеводство в Карелии стало активно развиваться с начала 1990-х, в 2013 году объемы выращивания (данные Минсельрыбхоза РК) достигли 22 500 т в год. В связи со значительным наращиванием объемов товарной продукции радужной форели на садковых хозяйствах проблема изучения их влияния на естественные водоемы становится особенно актуальной [8], [9]. Гидробионты являются природными индикаторами и позволяют установить фоновое состояние водной экосистемы и ее последующее изменение при антропогенном воздействии. Сообщество макрозообентоса обладает рядом преимуществ при оценке состояния окружающей среды, что позволяет использовать его в качестве удобного, надежного и информативного биоиндикатора состояния водной среды и ее антропогенных изменений. По данным А. И. Баканова [3], эта экологическая группа обладает достаточно крупными размерами, способностью обитать в разных условиях, а значительная продолжительность жизненного

цикла позволяет им аккумулировать вещества, влияющие на водную экосистему.

Цель работы – оценить современное состояние сообщества макрозообентоса в озере Верхнее Пулонгское при выращивании товарной форели.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась в 2012 году на озере Верхнее Пулонгское. Сбор проб макрозообентоса осуществлялся в июне и октябре в районе садкового хозяйства. Выбор станций обусловливался необходимостью оценки возможных изменений в экосистеме при эксплуатации форелевой фермы. В рамках программы изучения на водоеме было собрано и обработано 16 проб гидробиологического материала на 8 станциях, относящихся к различным биотопам (8 проб у садков, 4 пробы – 150–200 м до садков и 4 пробы в условно-чистой зоне – 600–800 м от садков). Отбор проб макрозообентоса осуществлялся дночерпателем ДАК-250 (модификация Экмана – Берджа с площадью захвата 1/40 м<sup>2</sup>) с последующей промывкой грунта через сито № 19 (ячей 0,5 мм) и фиксацией 8 % раствором формальдегида. На каждой станции отбирали по два дночерпателя. Обработку проб проводили в лаборатории по общепринятой методике В. И. Жадина [5], организмы макрозообентоса идентифицировали с использованием определителей [8], [10]. Беспозвоночных взвешивали с точностью 0,1 мг на торсионных весах. Продукция макрозообентоса рассчитывалась по уравнению: Рб = (2,198 ± 0,496) × В<sub>ср</sub>, из чего следует, что продукция сообщества бентоса за вегетационный сезон пропорциональна

средней биомассе донных животных за это же время [1]. Уровень трофности озера определялся по методике С. П. Китаева [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Озеро Верхнее Пулонгское расположено в северной части Карелии ( $66^{\circ}19$  с.ш. и  $33^{\circ}12$  в.д.), относится к бассейну Белого моря. В литературных источниках по озеру имеются только гидрологические данные [4]. Водоем глубокий, соединяется с Чупинской губой Белого моря через реку Пулонга. Площадь водной поверхности  $28,4 \text{ км}^2$ . Наибольшая длина озера 16 км, ширина 3,4 км, средняя глубина 15,0 м, наибольшая около 50 м. Коэффициент условного водообмена равен 0,45, то есть водные массы озера полностью возобновляются за счет притока воды с водосбора каждые 2 года, что является очень важным фактором при выращивании форели. Гидрологические показатели представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Основные гидрологические показатели  
оз. Верхнее Пулонгское [4]

Показатель	Величина
Площадь водосбора, $\text{км}^2$	601
Площадь водной поверхности, $\text{км}^2$	28,4
Объем водных масс, млн $\text{м}^3$	426
Средний годовой объем притока водных масс, млн $\text{м}^3$	190
Средняя глубина, м	15,0
Максимальная глубина, м	50,0
Прозрачность, м	2,5
Удельный водосбор	31,2
Коэффициент условного водообмена	0,45
Отношение прозрачности к средней глубине	0,16

В хозяйственном отношении озеро и его водосбор используются для рекреации и любительского рыболовства, а водосборная площадь – для рубок леса и в прошлом для добычи слюды.

Химический состав воды определялся по стандартным методикам [2; 7] в лаборатории гидрохимии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН. Водные массы озера Верхнее Пулонгское по своему химическому составу относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Вода очень мягкая, ее жесткость равна 0,20 мг-экв/л, минерализация составляет 15,7–26,5 мг/л, цветность – около 45°. Содержание органических веществ невелико – перманганатная окисляемость колеблется в пределах 9,7–11,7 мгО<sub>2</sub>/л, значения БПК<sub>5</sub>, БПК<sub>20</sub> варьируют в незначительных пределах.

Химический анализ воды В. Пулонгского показал, что содержание общего фосфора и азота характерно для олиготрофных водоемов [6], [11].

Гидробиологические исследования на оз. Верхнее Пулонгское ранее не проводились. Зообентос озера характеризуется низкими количественными показателями. Средние количественные показатели зообентоса за период исследований приводятся в табл. 2 и 3.

Таблица 2  
Средние количественные показатели зообентоса оз. Верхнее Пулонгское (лето, 2012 год)

Группы	Численность, экз./ $\text{м}^2$	%	Биомасса, г/ $\text{м}^2$	%
Chironomidae	120	39	0,05	3
Amphipoda	125	41	0,11	6
Nematoda	5	2	0,01	1
Bivalvia	55	18	1,79	90
Всего	305	100	1,96	100

Таблица 3  
Средние количественные показатели зообентоса оз. Верхнее Пулонгское (осень, 2012 год)

Группы	Численность, тыс. экз./ $\text{м}^2$	%	Биомасса, г/ $\text{м}^2$	%
Chironomidae	45	22	0,03	10
Amphipoda	140	70	0,22	73
Nematoda	5	3	0,01	3
Oligochaeta	10	5	0,04	14
Всего	200	100	0,30	100

В конце июня соотношение количественных показателей основных групп зообентоса отражает состояние донной фауны в раннелетний период при температуре воды 10–11 °C (см. табл. 2). Доминировали амфиоподы, а по биомассе – двустворчатые моллюски (41 % и 90 % соответственно). Доля остальных групп бентосных организмов была в этот период незначительной.

В осенний период (I декада октября) количественные показатели зообентоса снижаются (см. табл. 3). По сравнению с результатами, полученными в конце июня, в пробах отсутствуют представители двустворчатых моллюсков, в два раза увеличилась биомасса амфиопод, были отмечены олигохеты. Общая биомасса зообентоса в связи с элиминацией некоторых групп и в силу их неравномерного распределения закономерно уменьшилась. В целом видовой состав зообентоса оз. Верхнего Пулонгского характерен для холодноводных олиготрофных водоемов boreальной зоны и представлен в основном северными и эвритопными видами. Главную роль в составе донной фауны исследуемого водоема играют амфиоподы и водные насекомые, в частности личинки хирономид. По результатам исследования озеро можно отнести к группе амфиоподо-ортокладииновых. Особую ценность водоему придает наличие реликтовых ракообразных, представленных понтопореей (*Monoporeia (Pontoporeia) affinis* Lindstrom). Из представителей других групп бентоса можно отметить пизидиум (*Bivalvia*), характерный элемент донных биоценозов олиготрофных водоемов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Макрообентос исследованного водоема характеризуется относительно невысоким так-

сонаомическим разнообразием и низкими величинами численности и биомассы. По уровню количественных показателей донной фауны оз. Верхнее Пулонгское можно характеризовать как  $\beta$ -олиготрофный водоем, типичный для пресноводных экосистем таежной зоны Северной Карелии [6]. По результатам проведенных нами исследований не выявлено никаких отклонений в донном сообществе водоема. Учитывая способность организмов макрозообентоса аккумулировать загрязняющие вещества в течение длитель-

ного времени, целесообразно рекомендовать эту группу донных животных в качестве постоянного объекта для мониторинга экологического состояния водоема. Поэтому для более объективной оценки влияния форелевого хозяйства на водную экосистему водоема целесообразно продолжение начатых исследований.

Выражаем благодарность директору форелевого хозяйства А. Н. Седлецкому и его сотрудникам за предоставленную возможность сбора материала.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке программ ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий», Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития», Минобрнауки РФ (НШ-1410.2014.4; Соглашение 8101), гранта РФФИ № 12-04-00022 а.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф. Элементы функционирования водных экосистем. СПб., 2001. 147 с.
2. Абакумов В.А. Контроль качества вод по гидрологическим показателям в системе гидробиологической службы СССР // Научные основы в системе контроля качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. С. 93–99.
3. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
4. Григорьев С.В., Грицевская Г.Л. Каталог озер КАССР. М.; Л., 1959. 240 с.
5. Жадин В.И. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Ч. 1. М., Л.: Наука, 1956. С. 279–382.
6. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петропавловск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
7. Морозов А.К. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов РК. 1998. С. 122.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 511 с.
9. Стерлигова О.П., Ильмас Н.В., Китаев С.П. Фермерское рыбоводство в Республике Карелия (состояние и перспективы) // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры. М.: ВНИИР, 2013. С. 453–459.
10. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М.: Макс-пресс, 2003. 120 с.
11. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х. Умирающие озера (причины и контроль антропогенногоeutrofирования). Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 279 с.

Kitaev S.P., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)  
Savosin E.S., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

#### ESTIMATION OF MACROZOOBENTHOS OF LAKE ECOSYSTEMS AFFECTED BY COMMERCIAL RAINBOW TROUT CULTIVATION

Results of the hydrobiological research of macrozoobenthos community of the Lake Verchnee Pulongskoye located in the northern part of Karelia are presented. The current status of the benthic fauna in the summer-autumn period under commercial farming of rainbow trout is given. Our data analysis shows that according to the quantitative benthos development level the Lake Verchnee Pulongskoe can be classified as a  $\beta$ -oligotrophic water body of Amphopodo-Chironomida class. The Lake Verchnee Pulongskoe is a typical water body of the boreal zone with significant lacking of anthropogenic load.

Key words: freshwater ecosystem, macrozoobenthos, biomass, abundance, trout cultivation

#### REFERENCES

1. Алимов А.Ф. *Elementy funktsionirovaniya vodnykh ekosistem* [Elements of the aquatic ecosystem functioning]. St. Petersburg, 2001. 147 p.
2. Абакумов В.А. *Monitoring of water quality parameters in the hydrological system of the hydrobiological service USSR [Kontrol' kachestva vod po gidrologicheskim pokazatelyam v sisteme gidrobiologicheskoy sluzhby SSSR]. Nauchnye osnovy v sisteme kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod* [Scientific bases of the control system of surface water quality]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. P. 93–99.
3. Баканов А.И. *Using zoobenthos for freshwater monitoring [Ispol'zovanie zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoemov]. Biologiya vnutrennikh vod* [Biology of Inland Waters]. 2000. № 1. P. 68–82.
4. Григорьев С.В., Грицевская Г.Л. *Katalog ozer KASSR* [Catalog of KASSR lakes]. Moscow; Leningrad, 1959. 240 p.
5. Жадин В.И. *Methods of studying benthic fauna and ecology of benthic invertebrates [Metodika izucheniya donnoy fauny i ekologii donnykh bespozvonochnykh]. Zhizn' presnykh vod SSSR* [Life freshwater USSR]. Vol. 4. Part 1. Moscow; Leningrad, Nauka Publ., 1956. P. 279–382.
6. Китаев С.П. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiyologov* [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, Karelian Research Centre Publ., 2007. 395 p.
7. Морозов А.К. *Chemical composition of water [Khimicheskiy sostav vody]. Sovremennoe sostoyanie vodnykh ob'ektov RK* [Current state of water bodies of the RK]. 1998. P. 122.
8. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeyskoy chasti SSSR* [Identifiers of freshwater invertebrates of the European part of the USSR]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 511 p.
9. Стерлигова О.П., Ильмас Н.В., Китаев С.П. *Fish farming in the Republic of Karelia (status and prospects) [Fermerskoe rybovodstvo v Respublike Kareliya (sostoyanie i perspektivy)]. Sostoyanie i perspektivy razvitiya presnovodnoy akvakul'tury* [Status and perspectives of freshwater aquaculture]. Moscow, VNIIR Publ., 2013. P. 453–459.
10. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. *Kratkiy opredelitel' bespozvonochnykh presnykh vod tsentra Evropeyskoy Rossii* [A short guide to freshwater invertebrates of the center of European Russia]. Moscow, Max-press Publ., 2003. 120 p.
11. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х. *Umirayushchie ozera (prichiny i kontrol' antropogenного eutrofirovaniya)* [Dying Lake (causes and control of anthropogenic eutrophication)]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1990. 279 p.

Поступила в редакцию 24.02.2014