

Оценка потенциальной рыбопродуктивности озера Ойское (хребет Ергаки, Западный Саян) по кормовой базе

И. В. ЗУЕВ¹, О. П. ДУБОВСКАЯ^{1,2}, Е. А. ИВАНОВА^{1,2}, Л. А. ГЛУЩЕНКО¹,
С. П. ШУЛЕПИНА¹, А. В. АГЕЕВ^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет
660041, Красноярск, просп. Свободный, 79
E-mail: dubovskaya@ibp.krasn.ru

²Институт биофизики СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/50

АННОТАЦИЯ

В результате комплексных исследований в конце августа – сентябре 2008–2010 гг. изучена ихтиофауна и кормовая база рыб оз. Ойское (хр. Ергаки). По биомассам фито-, зоопланктона и зообентоса оценен трофический статус озера. На основе расчетов средней биомассы и продукции за сезон зоопланктона и зообентоса даны оценки потенциальной ихтиомассы, рыбопродукции и возможного вылова рыб.

Ключевые слова: горное озеро, фитопланктон, фитоперифитон, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна, ихтиомасса, рыбопродуктивность.

Озеро Ойское – один из крупных высокогорных водоемов Западного Саяна, расположенный в районе схождения горных хребтов Кулумыс, Ойский и Араданский, переходящих далее в хребет Ергаки. С 1985 г. озеро имеет статус памятника природы, а с 2005 г. входит в состав природного парка “Ергаки”, располагается в его центральной, хозяйственной зоне [1]. Несмотря на относительную доступность озера, первая гидробиологическая экспедиция туда проведена лишь в сентябре 2008 г., по ее материалам в 2009 г. появилась первая публикация о таксономическом составе и количественных показателях сообществ гидробионтов [2]. В конце августа – сентябре 2009–2010 гг. авторским коллективом продолжены комплексные исследования экосистемы оз. Ойского, что позволило перейти к обобщениям, касающимся его

трофического статуса и потенциальной рыбопродуктивности. Знание продукционных характеристик озера дает возможность более эффективного рекреационного использования его ресурсов, что является одной из задач создания природного парка [1]. Величина потенциальной рыбопродуктивности в перспективе важна при планировании рыбохозяйственных мероприятий, повышающих эффективность использования рыбами кормовой базы, что актуально с позиций разработанного проекта федерального закона об аквакультуре [3]. Цель настоящей работы – оценка потенциальной рыбопродуктивности оз. Ойского на основании количественных показателей кормовой базы – зоопланктона, зообентоса. В работе использованы материалы, полученные на оз. Ойском в сентябре 2008 г. [2] и в конце августа – сентябре 2009–2010 гг.

РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Озеро Ойское – глубоководный водоем с максимальными глубинами до 25 м в центральной части (см. рисунок). Минимальные глубины (до 1,5–2,0 м) отмечены в северной части озера, заросшей макрофитами. Результаты эхолокационной съемки показали, что дно озера относительно ровное, без скачкообразных понижений. Грунты в южной и центральной части озера – крупные заиленные валуны, а ближе к береговой линии – мелкий щебень, галька. В северной мелководной части дно покрыто мощными иловыми отложениями.

Гидроакустическую съемку рельефа дна проводили эхолотом Fishfinder 535 (Humminbird, США) с однолучевым датчиком, прозрачность (S) измеряли диском Секки. На выделенных станциях (в пелагической и литоральной зонах) помимо отбора проб фито-, зоопланктона, фито- и зообентоса определяли географические координаты с помощью GPS-навигатора фирмы Garmin (марка eTrex Vista HCx); измеряли температуру воды (термометром Long-Stem Thermometer, F/C, 8, Cole-Parmer) и содержание кислорода (кислородомером Mo-128, Mettler Toledo, Швейцария), pH (портативным pH-метром “pHep2”, Hanna Instruments, США).

Пробы фитопланктона отбирали батометром Молчанова с горизонтов фотического слоя – поверхность (0), глубина прозрачности (S), 2,5S; и дисфотического – придонный (H) слой. С каждого горизонта 0,5–1 л воды фильтровали через мембранный фильтр

“Владипор” с диаметром пор 0,45 мкм, который фиксировали раствором Люголя в модификации Г. В. Кузьмина [4, 5]. Пробы фитоперифитона – фитоэпилитона отбирали в прибрежной зоне, снимая обрастания с камня скальпелем с площади 9 см² и помещая в склянку с водой; фиксировали, как фитопланктон. Водоросли определяли и подсчитывали в камере Фукса – Розенталя под микроскопом. Диатомовые водоросли определяли на постоянных препаратах, подвергшихся выжиганию (по [6]). Биомассу фитопланктона и фитоперифитона рассчитывали по объему клеток, приравнивая удельную массу к единице, размеры клеток определяли с помощью окуляр-микрометра.

Пробы зоопланктона отбирали сетью Джеджи с диаметром входного отверстия 25 см, размером ячеек капронового сита 82 мкм. Сеть протягивали вертикально от дна до поверхности. Пробы фиксировали 4%-м формалином. Камеральную обработку проб проводили стандартным счетным методом [4, 5] в камере Богорова. До 30 экз. каждого вида измеряли с помощью окулярной линейки для расчета биомассы по стандартным уравнениям связи длины и массы тела [7, 8]. Определение видов проводили под микроскопом PZO Warszawa (Польша) и флуоресцентным микроскопом Axioskop 40 (Carl Zeiss, Германия) на базе современной систематики (например, по [9]).

Пробы макрозообентоса отбирали на глубинах 0,5–10 м с помощью дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0,025 м². Пробы промывали через мельничный газ с ячейей 250 мкм, их разбор и фиксацию спиртом про-

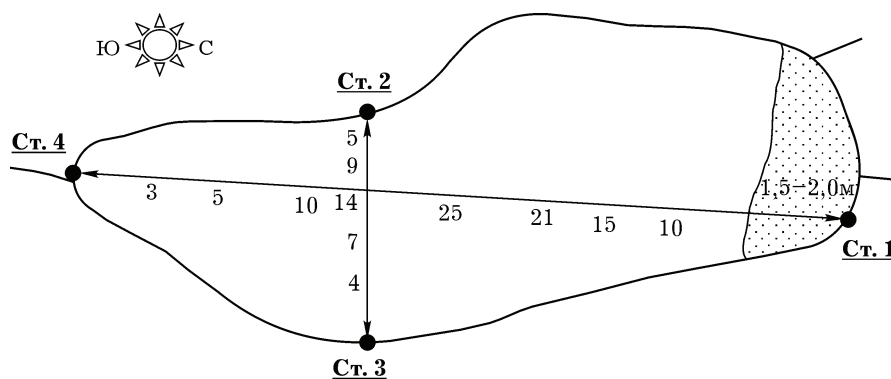


Схема оз. Ойское со станциями отбора проб и промерами глубин по некоторым транссектам. Координаты по JPS: ст. 2 – N 52°50'25,2", E 93°14'34,7"; ст. 3 – N 52°50'25,2", E 93°14'34,7"; ст. 4 – N 52°50'08,3", E 93°14'8,2"

водили в течение суток. Биомассу рассчитывали по фиксированным в 80%-м спирте животным, их взвешивание проводили на торсионных весах (тип WT) [5].

Отлов рыб в 2010 г. проводили мальковыми ловушками, выставляемыми в литоральной зоне по всей акватории озера. Отловленная рыба фиксировалась 4%-м формалином, далее в лабораторных условиях подвергалась полному биологическому анализу. Содержимое кишечных трактов анализировали для изучения спектров питания рыб по общепринятым методикам [10].

Для оценки продукции зоопланктона использовали регрессионную модель Дж. Стоквелла и О. Иохансона [11] для температуры ниже 10 °С: $P, \text{ мкг воздушно-сухой массы}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут}) = 10^{(-0,261 \log(M) - 1,363)}$ 1,09MN, где M – средняя индивидуальная масса, мкг воздушно-сухой массы, N – средняя численность, экз./м². Расчет средней индивидуальной сухой массы дал величину 0,4611, средней численности – 300 134; принимали, что воздушно-сухая масса в среднем составляет 10 % сырой, средняя продолжительность сезона для зоопланктона 105 сут. Среднюю глубину оз. Ойского, учитывая все наши промеры эхолотом, приняли равной 5 м. Продукция донных сообществ определена физиологическим методом согласно [12]. Калорийность донных животных принимали равной 0,6 ккал/г сырой массы [12, 13]. Кроме того, использовали способы приближенной оценки продукции планктонных ракообразных и зообентоса по суточной удельной скорости роста и P/V-коэффициенту за сезон, характерных для ветвистых и веслоногих ракообразных и сообществ зообентоса северных водоемов [7, 14].

Поскольку данные о рационах питания рыб в оз. Ойском неполны, принимали, в соответствии с рекомендациями [15], что потребление рыбами кормовой базы за вегетационный сезон составляет 50 % ее продукции за тот же период, кормовой коэффициент для планктонных раков равен 10, для личинок насекомых, составляющих основную массу организмов зообентоса, – 7. Формула расчета потенциальной рыбопродукции (по [15]) имеет вид:

$$P_{\text{рыб}} = [P_{\text{зп}}/(2 \times 10)] + [P_{\text{зб}}/(2 \times 7)] = 0,05P_{\text{зп}} + 0,071 P_{\text{зб}},$$

где $P_{\text{рыб}}$ – рыбопродукция, $P_{\text{зп}}$ – продукция зоопланктона, $P_{\text{зб}}$ – продукция зообентоса, приведенные к единой размерности. Кроме того, для оценки средней ихтиомассы и промысловой рыбопродукции, потенциального вылова рыбы использовали ряд эмпирических уравнений и оценок [13, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прозрачность воды в оз. Ойское варьировала от 5,5 (в 2008 г.) до 4,5 м (в 2010 г.). Температура воды составляла 7–12 °С, при этом в пределах суток отмечалась ее пространственная динамика – увеличение от северной части озера к южной на 1–2 °С, что связано с охлаждающим влиянием на верхнюю северную часть водоема впадающих горных ручьев. Наблюдалась незначительная температурная стратификация водной толщи с максимальными значениями температуры у поверхности. Активная реакция воды (pH) варьировала в 2008 г. от 6,5 до 7,1, в 2010 г. – от 7,1 до 8,0. В основном воды озера по значениям pH можно считать (по [17]) нейтральными. Содержание кислорода в поверхностном слое воды варьировало от 6,8 до 8,1 мг/л, или 65–73 % насыщения.

Таксономический состав фитопланктона в сентябре 2008–2010 гг. включал 57 видов из 8 отделов: 23 – Chlorophyta, 19 – Bacillariophyta, 7 – Cyanophyta, 3 – Chrysophyta, 2 – Cryptophyta и по 1 виду – Xanthophyta, Dinophyta, Euglenophyta. Наибольшее число видов отмечено в 2010 г. – 33 и 2008 г. – 31 вид, наименьшее – в 2009 г. – 23. Доминирующим по численности видом в сентябре 2008 и 2009 гг. была диатомовая *Aulacoseira distans* var. *alpigena* (Ehr.) Simonsen, субдоминантом – мелкоклеточная синезеленая *Aphanocapsa holsatica* (Lemm.) Gronb. Et Komarek, в 2008 г. – еще и десмидиевая водоросль *Spondylosum planum* (Wolle) W. et G. S. West; в сентябре 2010 г. *A. holsatica* была абсолютным доминантом. Доминирующим видом в биомассе фитопланктона в 2009 и 2010 гг. была *A. distans* var. *alpigena*, в 2008 г. она была субдоминантом, а доминантом выступала *S. planum*, кроме того, в 2010 г. в ранг субдоминанта попала диатомея *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. Преобладание диатомовых и

Т а б л и ц а 1

Средние по станциям численность (N, млн кл./м³) и биомасса (B, мг/м³) фитопланктона оз. Ойское, 11-15.09.2008, 30.08-05.09.2009, 05-13.09.2010 г.

Показатель	2008 г. (3 станции)		2009 г. (3 станции)		2010 г. (2 станции)	
	N	B	N	B	N	B
Средняя	4372,28	1204,04	13 575,59	274,31	22 377,17	671,96
Ошибка средней	2983,88	735,34	7343,98	110,93	18 458,77	475,38

десмидиевых водорослей (в частности, *S. planum*) также отмечалось [18] в озерах Каргонского хребта Горного Алтая.

Количественные показатели фитопланктона были невысоки (табл. 1). Возрастание численности в 5 раз и более в 2010 г. обусловлено доминированием мелкоклеточных *A. holsatica* и *Synechocystis* sp. (более 90 % численности фитопланктона), при этом вклад их в биомассу невелик. Различия средних по озеру биомасс (см. табл. 1) по годам не достоверны в связи с высокой величиной ошибки средней, обусловленной высокой вариабельностью биомасс по станциям озера. Это позволяет рассчитать общую за 3 года среднюю по станциям биомассу, которая составляет $(722,37 \pm 301,00)$ мг/м³. Согласно классификации В. В. Бульона [19], она характеризует водоем как олиготрофный.

В пробах фитоперифитона (фитоэпилитона) за сентябрь 2008–2010 гг. обнаружено 65 видов водорослей, в том числе 40 диатомовых, 9 синезеленых, 14 – зеленых, по одному виду золотистых и пиррофитовых. Наибольшее число видов (44) обнаружено в 2009 г. Фитоэпилитон в основном представлен нитчатными водорослями (зеленые *Ulothrix tenerrima* Kütz., *Spondylosium papillosum* W. West, G. West доминировали по биомассе в 2008 г., а *Bulbochaete* sp., *Mougeotia* sp., *Stigeoclonium setigerum* Kütz. – в 2009–2010 гг.); а также диатомовыми водорослями, характерными для холодных олиготрофных водоемов (*Tabel-*

laria flocculosa (Roth.) Kütz. и другие диатомовые [2] доминировали по численности в 2008 г., а в 2009–2010 гг. – на отдельных станциях по численности и по биомассе). Значительна роль и синезеленых водорослей (нитчатки *Calothrix* sp.1, *Calothrix* sp.2 почти повсеместно доминировали по численности в 2009–2010 гг.), что специфично для водоемов Севера. Такая структура фитоперифитона характерна для ряда горных водоемов (например, для водоемов Верхоянского хребта [20]).

Количественные показатели сильно варьировали по станциям и годам (табл. 2). Если судить по довольно высоким величинам средних биомасс, фитоэпилитон может вносить существенный вклад в первичную продукцию водоема, как это бывает в прозрачных северных и горных водоемах [21]. С другой стороны, очевидно, что относительно высокие величины биомасс фитоперифитона обусловлены временем отбора проб (сентябрь) – концом вегетационного сезона, т. е. периодом максимального нарастания биомассы.

В сетном зоопланктоне оз. Ойского в сентябре 2008–2010 гг. обнаружено 22 вида беспозвоночных, из них 8 видов Cladocera, 3 – Copepoda, 11 – Rotifera. По численности доминировали мелкие коловратки (*Kellicottia longispina* (Kellicott), *Conochilus hippocrepis* (Schrank), *C. unicornis* Rousset, p. *Synchaeta*) и иногда крупная коловратка *Asplanchna priodonta helvetica* Imhov. Основу биомассы

Т а б л и ц а 2

Средние по станциям (\pm ошибка) численность и биомасса фитоперифитона (фитоэпилитона) оз. Ойское, 11-15.09.2008, 30.08-05.09.2009, 05-13.09.2010 г.

Показатель	2008 г. (6 проб)	2009 г. (6 проб)	2010 г. (2 пробы)
Численность, млн кл./м ²	857 \pm 368	10 899 \pm 1839	3773 \pm 1907
Биомасса, мг/м ²	3586 \pm 1257	29 577 \pm 24 562	13 188 \pm 4609

составляли кладоцеры *Daphnia cf. longispina* O. F. Müller и *Holopedium gibberum* Zaddach, копеподы *Cyclops abyssorum* Sars (в основном копеподиты V стадии и половозрелые) и *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) Kiefer* sp. (копеподиты IV – V стадий и единично – половозрелые), коловратки родов *Asplanchna* и *Synchaeta*, но 1–3-е места по доле в общей биомассе зоопланктона в разные годы занимали разные виды. Так, в 2008 г. это были *Daphnia cf. longispina* (в среднем 32,3 % от общей биомассы), *Cyclops abyssorum* (31,3 %) и *Synchaeta* (15,2 %), в 2009 – *Asplanchna* (33,1 %), *C. abyssorum* (29,9 %) и *Arctodiaptomus* sp. (16,0 %), в 2010 – *Holopedium gibberum* (35,6 %), *Arctodiaptomus* sp. (32,7 %) и *Cyclops abyssorum* (12,9 %).

Средняя по озеру биомасса сетного зоопланктона варьировала по годам в небольших пределах – 201–318 мг/м³ (табл. 3), что характеризует водоем по классификациям, приводимым С. П. Китаевым ([16], табл. 15.29), как олиготрофный или даже ультраолиготрофный, т. е. малокормный. Максимальная биомасса из зарегистрированных на станциях составляла 372 мг/м³. Средние биомассы, полученные по данным за сентябрь (см. табл. 3), соответствующий началу биологической осени, считали средними за сезон, так как в олиготрофных и глубоких водоемах сезонные колебания невелики [22], например, в оз. Борзу-Холь (бассейн верхнего Енисея, Тыва) максимальная летняя биомасса зоопланктона превосходила позднеосеннюю всего в 2,5 раза [23].

Продукцию кормового зоопланктона рассчитывали без учета коловраток, так как они не являются основой кормовой базы для взрослых рыб. Данные о средних за вегетационный сезон значениях удельной продукции (С_В) для видов копепод и кладоцер взяли из работы М. Б. Ивановой [7]. Они получе-

ны для видов из северных озер, где средняя за вегетационный сезон температура воды составляла 9 °С: С_В для *Daphnia longispina* = 0,130 сут⁻¹, для каляниды *Eudiaptomus graciloides* = 0,038 сут⁻¹. Приняли, что для кладоцер оз. Ойского С_В = 0,13 и продолжительность вегетационного сезона 90 сут, а для копепод С_В = 0,038 и продолжительность вегетационного сезона 120 сут. Тогда коэффициент Р/В за сезон составит для кладоцер 11,70, а для копепод – 4,56. Принимая приведенную в столбце 4 табл. 3 биомассу за среднюю за сезон, получаем продукцию кладоцер 739,4 и копепод – 563,5 мг/м³ за сезон. Суммарная продукция потребляемого рыбами зоопланктона составит 1302,9 мг/м³.

Согласно работе [24], в среднем для сообществ зоопланктона Р/В-коэффициент за вегетационный сезон равен 8,4. Однако следует ориентироваться на значения этого коэффициента в водоемах с температурой воды и продолжительностью вегетационного сезона, близкими к таковым в оз. Ойском. Средний для северных водоемов со среднелетней температурой воды 9–14 °С и продолжительностью вегетационного сезона 90–130 дней Р/В за вегетационный сезон равен 7,5 [14]. В таком случае продукция кормового зоопланктона будет равна 1400,8 мг/м³ за сезон. Оценка продукции всего сетного зоопланктона (включая коловраток) по регрессионной модели [11] при температуре ниже 10 °С дает несколько большую величину: 1679 мг сырой массы/м³ за сезон продолжительностью 105 сут. Продукция в год с минимальной биомассой (2010) оценивается самой минимальной величиной вторым способом (с использованием Р/В, равного 7,5) и составляет 1390,1 мг/м³ за сезон, т. е. близка к среднегодовой (1400,8).

Таким образом, продукция зоопланктона за сезон оценивается различными способами средними величинами от 1303 до 1679 мг/м³,

Т а б л и ц а 3

Средняя по станциям биомасса (мг/м³) зоопланктона оз. Ойское, 11–15.09.2008, 30.08–05.09.2009, 05–13.09.2010 г.

Таксон	2008 г. (2 станции)	2009 г. (3 станции)	2010 г. (1 станция)	Общая средняя (6 станций)
Cladocera	104,87	25,35	93,61	63,20 ± 18,67
Copepoda	135,97	125,92	91,74	123,57 ± 13,17
Rotifera	77,78	123,12	15,20	90,02 ± 27,28
Сумма	318,52	274,39	200,55	276,79 ± 28,54

что при пересчете на единицу площади озера дает в среднем $6,52 - 8,40 \text{ г/м}^2$ за сезон. В разных по трофности озерах Тывы продукция зоопланктонного сообщества, доступная рыбам, составляла $4,6-30 \text{ г/м}^2$ за сезон [23], так что полученные нами величины вполне реальны для олиготрофного водоема.

В составе зообентоса оз. Ойского за 3 года исследования обнаружено 52 вида и формы донных беспозвоночных из 14 систематических групп (табл. 4). Ведущая роль в формировании донных сообществ принадлежала личинкам хирономид – 21 таксон, личинки ручейников представлены 11 таксонами, олигохеты – 6, поденки – 2, личинки веснянок, большекрылок, мокрецов, тишулид, пиявки, амфиподы, двустворчатые моллюски, нематоды, клещи, планарии – одним таксоном (и в пробах встречались единично). В межгодовой динамике отмечено снижение числа видов от 2008 г. (45 таксонов [2]) к 2010 г. (7 таксонов, см. табл. 4), что, возможно, связано с уменьшением количества отобранных проб.

Численность и биомасса зообентоса в среднем за 3 года исследования составила 1163 экз./м^2 , $1,77 \text{ г/м}^2$ (табл. 5). Преобладали по численности (до 87 % общей) личинки хирономид, причем доминировали представители псаммо-пелофильного и пелофильного комплексов *Dicrotendipes nervosus*, *Tanytarsus pseudolestagei*. По биомассе преобладали (до 65 %) оксифильные личинки ручейников, среди которых доминировали *Molanna submarginalis*, *Goera sajanensis*. В межгодовой динамике пик плотности зообентоса отмечен в 2009 г. за счет хирономид *T. pseudolestagei*. Средняя биомасса зообентоса по классификациям, приводимым С. П. Китаевым [16, табл. 15.31], характеризовала трофический статус озера как олиготрофный, а средние за 2008, 2010 гг. (см. табл. 5) по некоторым классификациям – как ультраолиготрофный.

Относительно низкие величины продукции (см. табл. 5) зообентоса обусловлены наличием в составе сообщества хищных форм животных, потребляющих существенную часть продукции мирного зообентоса. Продукция сообществ зообентоса в среднем составляла $0,016 \text{ ккал/м}^2 \text{ сут}$, или $0,026 \text{ г сырой массы/(м}^2 \cdot \text{сут)}$. Вегетационный период для организмов зообентоса в оз. Ойском прини-

мали равным 120 дням, тогда средняя продукция сообществ донных животных за сезон $3,12 \text{ г/м}^2$. Продукция в год с минимальной биомассой (2010) равна $1,08 \text{ г/м}^2$ за сезон.

Для упрощенных расчетов продукции, как и для зоопланктона, можно использовать наиболее вероятное значение Р/В-коэффициента для сообщества зообентоса [13]. Средний Р/В-коэффициент за сезон для тех же северных водоемов, что и в случае с зоопланктоном, – 2,0 (по табл. 2 в [14]). При таком Р/В получаем величину годовой продукции $3,54 \text{ г/м}^2$ за сезон, лишь в 1,13 раз превышающих среднее значение, полученное физиологическим методом ($3,12 \text{ г/м}^2$). В год с минимальной биомассой рассчитанная по этому Р/В-коэффициенту продукция составляет $2,88 \text{ г/м}^2$ за сезон. На основе разных вариантов расчетов можно считать продукцию зообентоса $1,08 \text{ г/м}^2$ минимальной, а $3,54 \text{ г/м}^2$ – максимальной из вероятных средних за сезон, доступных для рыб.

Ихтиофауна оз. Ойского по результатам двухлетних (2008, 2010 гг.) исследований представлена двумя видами: хариусом сибирским – *Thymallus arcticus* Pallas, 1776 и голяком речным *Phoxinus phoxinus* (Linne, 1758). По мнению И. Б. Книжина [25], сибирский хариус населяет только нижнее течение Енисея, а на большей его части встречается байкальский хариус (*Thymallus baicalensis* Dybowski, 1874). Для верховьев Енисея им также описан вид верхнеенисейский хариус *T. svetovidovi* Knizhin et Weiss, 2009. Малая выборка отловленного на оз. Ойском хариуса не дает возможности оценить его видовой статус в свете современной классификации, поэтому мы временно оставляем за ним традиционное название. Потенциально в составе ихтиофауны возможны и другие виды рыб.

Отловленный хариус (по материалам 2008 г. [2]) представлен особями от 1+ до 3+ лет. Четырехлетние особи – половозрелые самки, которые будут нереститься в следующем году, трехлетняя особь – неполовозрелая. Средние линейные размеры (промысловая длина) и масса составляли: в возрасте 1+ лет – 138 мм и 36 г; 2+ лет – 189,8 мм и 91 г; 3+ лет – 243,5 мм и 224 г. Для всех отловленных особей характерны высокая сте-

Т а б л и ц а 4
Состав зообентоса оз. Ойское, сентябрь 2008–2010 гг.

Вид	2008 г.	2009 г.	2010 г.
1	2	3	4
Тип Nematelminthes Класс Nematoda			
Nematoda sp.	+		
Тип Plathelminthes Класс Turbellaria			
		+	
Тип Mollusca Класс Bivalvia			
<u>Сем. Pisidiidae</u>			
Euglesa sp.		+	+
Класс Gastropoda			
<i>Anisus acronicus</i> Ferrusac			+
Тип Annelides Класс Oligochaeta			
<i>Nais pseudoptusa</i> Piguet	+		
<i>Slavina appendiculata</i> d'Udekem	+		
<i>Uncinails uncinata</i> Oersted	+		
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede	+	+	
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen	+	+	+
<i>Tubifex tubifex</i> O. F. Muller	+	+	
Класс Hirudinea			
<i>Eryobdella octoculata</i> Linne	+		
Тип Arthropoda Класс Arachnoidea			
<i>Hydrachnella</i> sp.	+	+	
Класс Crustacea			
<i>Gammarus lacustris</i> Sars	+		
Класс Insecta			
Отр. Diptera			
<i>Palpomyia lineata</i> Meigen	+		
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i> Walker	+	+	
<i>Cryptochironomus defectus</i> Kieffer	+	+	
<i>Dicrotendipes nervosus</i> Staeger	+	+	
<i>Dicrotendipes notatus</i> Meigen		+	
<i>Endochironomus impar</i> Walker	+		
<i>Microsepectra praecox</i> Meigen	+		
<i>Paratanytarsus siderophila</i> Zvereva	+	+	
<i>Polypedilum scalaenum</i> Schrank	+	+	
<i>Sergentia</i> gr. <i>coracina</i>	+	+	+
<i>Tanytarsus pseudolestagei</i> Goetghebuer	+	+	+
<i>Tanytarsus verralli</i> Goetghebuer	+	+	
<i>Cricotopus</i> gr. <i>silvestris</i>	+		
<i>Cricotopus</i> gr. <i>festivellis</i>	+		
<i>Heterotrissocladius</i> gr. <i>marcidus</i>	+	+	
<i>Orthocladius thienemanni</i> Kieffer	+		
<i>Protanypus morio</i> Zetterstedt	+		+
<i>Pseudodiamesa</i> gr. <i>nivosa</i>	+		
<i>Prodiamesa olivacea</i> Meigen	+		
<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>annulata</i>	+		
<i>Larsia culticalcar</i> Kieffer	+		

1	2	3	4
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer		+	+
<i>Tipula</i> sp.	+		
Отр. Coleoptera			
Сем. Dytiscidae		+	
Отр. Ephemeroptera			
<i>Ephemera sachalinensis</i> Matsumura	+		
<i>Paraleptophlebia strandii</i> Eaton	+		
Отр. Megaloptera			
<i>Sialis sordida</i> Klingstedt	+	+	
Отр. Plecoptera			
<i>Nemoura</i> sp.	+		
Отр. Trichoptera			
<i>Mystacides dentatus</i> Martynov	+		
<i>Mystacides bifidus</i> Martynov	+	+	
<i>Mystacides niger</i> L.	+		
<i>Goera sajanensis</i> Mart.	+	+	
<i>Arctopora trimaculata</i> Zetterstedt	+		
<i>Hydatophylax</i> sp.	+		
<i>Chaetopteryx sachlbergi</i> McL.		+	
<i>Limnephilus rhombicus</i> L.	+		
<i>Molanna submarginalis</i> McL.	+	+	
<i>Cyrtus fennicus</i> Klingstedt	+		
<i>Rhyacophila sibirica</i> McL.		+	
Всего таксонов	45	24	7

Примечание. "+" – вид зарегистрирован.

пень жиронакопления на внутренних органах (3–4 балла) и максимальная степень наполнения кишечных трактов. Особенностью является отсутствие внешних патологий и патологий внутренних органов, а также видимых гельминтов во внутренностях. Темп роста умеренный, однако при небольших размерах масса тела довольно велика. На это указывают высокие значения коэффициентов упитанности: $K_{\text{Фультона}} = 1,39 \pm 0,03$; $K_{\text{Кларк}} = 1,24 \pm 0,03$.

В 2010 г. в литоральной зоне оз. Ойского отловлено 43 особи речного гольяна. Максимальная длина тела рыб варьировала от 59 до 104 мм, промысловая – 50–87 мм, масса – от 1,6 до 10,4 г. Выборка представлена рыбами пяти возрастных групп, от 2+ до 6+ лет (табл. 6). Продолжительность жизни и максимальный размер речного гольяна оз. Ойского являются максимальными для популяций данного вида бассейна р. Енисей [26]. Увеличение предельных размеров и продол-

Т а б л и ц а 5
Средние численность, биомасса и продукция зообентоса оз. Ойское, 11–15.09.2008, 30.08–05.09.2009, 05–13.09.2010 г.

Показатель	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее
Численность, экз./м ²	658 ± 152	2400 ± 1689	431 ± 360	1163 ± 622
Биомасса, г/м ²	1,47 ± 0,34	2,40 ± 0,70	1,44 ± 0,55	1,77 ± 0,32
Продукция, кал/(м ² · сут)	10,89 ± 2,04	32,90 ± 12,26	5,14 ± 0,26	15,84 ± 4,55

Линейные размеры (промысловая длина тела, *l*) и масса речного гольяна оз. Ойского, сентябрь 2010 г. (*n* = 43)

Возраст	Самцы		Самки	
	Длина тела, мм	Масса тела, г	Длина тела, мм	Масса тела, г
2+	$52,9 \pm 1,0$ 50,0–57,5 (<i>n</i> = 6)	$2,2 \pm 0,2$ 1,6–2,8 (<i>n</i> = 6)	$55,5$ (<i>n</i> = 2)	$2,8$ 2,7–2,9 (<i>n</i> = 2)
3+	$65,2 \pm 2,7$ 60,5–70,0 (<i>n</i> = 3)	$4,6 \pm 0,6$ 3,5–5,7 (<i>n</i> = 3)	$76,5 \pm 0,5$ 72,5–78,0 (<i>n</i> = 11)	$6,9 \pm 0,2$ 6,0–7,6 (<i>n</i> = 11)
4+	$75,8 \pm 0,7$ 74,5–77,0 (<i>n</i> = 3)	$6,9 \pm 0,3$ 6,3–7,5 (<i>n</i> = 3)	$80,8 \pm 0,5$ 78,0–83,5 (<i>n</i> = 12)	$8,1 \pm 0,2$ 6,5–8,7 (<i>n</i> = 12)
5+	–	–	$84,0 \pm 0,6$ 83,0–86,2 (<i>n</i> = 5)	$9,2 \pm 0,1$ 9,0–9,5 (<i>n</i> = 5)
6+	–	–	87,0 (<i>n</i> = 1)	10,44 (<i>n</i> = 1)

П р и м е ч а н и е. Над чертой – среднее значение \pm ошибка среднего, под чертой минимальное и максимальное значения, в скобках – объем выборки.

жительности жизни у озерных популяций речного гольяна наблюдается и в глубоководных водоемах Норвегии, где отмечены нетипично крупные экземпляры – до 130 мм [27].

Анализ содержимого 9 кишечника хариуса, выловленного в 2008 г., показал, что в сентябре основу питания составляют имаго воздушных насекомых, отлавливаемых с поверхности воды. В пищевых комках отмечены представители отрядов дву-, жестко- и перепончатокрылых, клопов, поденок, веснянок. По частоте встречаемости (100 %) доминируют личинки и имаго двукрылых, при этом их доля составляет 90–95 % от массы пищевых комков.

Спектр питания речного гольяна в сентябре 2010 г. определен на основании анализа содержимого кишечника 10 рыб. Пищевые комки всех рыб были сформированы только остатками ракообразных. Анализ количественного соотношения кладоцер и копепод в рационе затруднен степенью их переваривания. Вероятно, основу рачкового рациона составляют копеподы, часто доминирующие по биомассе в зоопланктоне оз. Ойского. Косвенно это подтверждается наличием в кишечниках рыб большого количества переваренных жировых капель оранжево-красного цвета, накапливающихся осенью в теле зимующих старших копеподитных стадий и половозрелых особей циклопов и каляноид оз. Ойского, как и других высокогорных и северных водоемов [2]. По содержанию неза-

менимых для рыб длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот, в частности докозогоксаеновой, копеподы являются более высококачественным кормом для рыб, чем кладоцеры [28–30].

Биомасса продуцентов (фитопланктона) и консументов (как зоопланктона, так и зообентоса) характеризует оз. Ойское как олиготрофное или даже ультраолиготрофное. Такому трофическому статусу соответствует множество вариантов оценок средней ихтиомассы и промысловой рыбопродукции [16, табл. 15.33]. Согласно Г. П. Руденко (1978, цит. по [16]), ультраолиготрофным озерам соответствует ихтиомасса 2–30, олиготрофным – 30–57 кг/га. В работе [13] Г. П. Руденко определяет среднюю ихтиомассу для олиготрофных озер в 21 кг/га, рыбопродуктивность – около 15,6 кг/га в год. По классификации С. П. Китаева [16, табл. 15.33], в ультраолиготрофных водоемах ихтиомасса не превышает 12,5, в олиготрофных – 25 кг/га. Он же оценивает промысловую рыбопродукцию ультраолиготрофных озер не более 2,5 кг/га, олиготрофных – не более 5 кг/га. Суммарная средняя биомасса зоопланктона и зообентоса в оз. Ойском равна 31,55 кг/га. Согласно таблице 13.10 [16], в таежных водоемах Европы суммарной биомассе планктона и бентоса, равной 25–50 кг/га, соответствует средняя ихтиомасса 18,8 кг/га, при этом 6 из 8 озер имели ихтиомассу < 12,5 кг/га.

Кроме того, для оценки годового потенциального вылова рыб и ихтиомассы мы использовали следующие эмпирические уравнения:

$$Y = 2,96 + 1,74b; n = 63; r = 0,443$$

(Скорупкас, 1977, цит. по [16]); (1)

$$Y = 4,408b^{0,698}; r = 0,731$$

(Коваль, Казанский, 1984, цит. по [16]); (2)

$$W = 2,43m - 10,27z + 87,262; r^2 = 0,58$$

(Hanson, Leggett, 1982, цит. по [16]), (3)

где Y – вылов рыбы, кг/га в год; b – биомасса зоопланктона, г/м³; W – ихтиомасса, кг/га; m – биомасса зообентоса, г/м²; z – средняя глубина. Для расчетов принимали среднюю величину биомассы зоопланктона 0,277, зообентоса – 1,77 г/м². Расчеты дали следующие величины: вылов рыбы, основанный на биомассе зоопланктона, варьирует от 3,44 кг/га в год по (1) до 1,80 по (2); ихтиомасса, основанная на биомассе зообентоса, равна 40,21 кг/га.

Расчет рыбопродукции, согласно [15], по минимальным значениям продукции сообществ гидробионтов дает величину 0,40 г/м² в год, или 4,0 кг/га в год; по максимальным – 0,67 г/м² в год, или 6,7 кг/га в год. Эти результаты в целом соответствуют величинам промысловой рыбопродукции (вылову), рассчитанной выше на основании регрессионных уравнений. При этом следует учитывать, что реальный вылов рыбы в водоемах должен иметь меньшие значения, чем их потенциальная рыбопродуктивность, оцениваемая величиной рыбопродукции. Полученные нами результаты согласуются с данными по соседнему региону – Республике Тыва. Так, согласно обзору Ю. В. Михалева [31], для водоемов Тывы с продолжительностью периода открытой воды 158–185 сут промысловая рыбопродуктивность варьировала от 0,5 до 20 кг/га, в большинстве озер составляла 3–6 кг/га.

Вероятно, потенциальные величины рыбопродуктивности реализуются ихтиофауной оз. Ойского не в полном объеме, а существенная часть рыбной продукции представлена малоценным объектом – речным голяном. Повышение рыбохозяйственной и рекреационной привлекательности озера может быть обеспечено вселением новых видов, утили-

зирующих пелагический зоопланктон и малоценных рыб. В качестве эффективного потребителя зоопланктона обычно рассматривают пелядь (*Coregonus peled*), являющуюся популярным объектом аквакультуры в холодноводных водоемах Алтай-Саянского нагорья [32]. Вселение хищных рыб может не дать желаемых результатов. Так, многолетние исследования на водоемах Норвегии показали, что речной голян может выступать серьезным конкурентом сеголеткам хищных рыб (радужной форели), в то время как потребление его взрослыми хищниками происходит только в ограниченный период времени [33].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трофический статус оз. Ойское по биомассе фитопланктона оценен как олиготрофный, по биомассам зоопланктона и зообентоса – как олиготрофный – ультраолиготрофный. В составе ихтиофауны отмечены хариус сибирский *Thymallus arcticus* Pallas, 1776 и голян речной *Phoxinus phoxinus* (Linne, 1758). Основу питания хариуса в сентябре составляли имаго и личинки двукрылых (Diptera), голяна – планктонные ракообразные. Оцененные различными способами показатели ихтиофауны озера варьируют в пределах: ихтиомасса – от 12,5 до 40,2 кг/га, потенциальная рыбопродукция (рыбопродуктивность) – от 4,0 до 15,6 кг/га в год, при этом рассчитанная по продукции зоопланктона и зообентоса – от 4,0 до 6,7 кг/га, промысловая продуктивность или возможный вылов – от 1,8 до 5 кг/га в год. Учитывая приблизительный характер расчетов, при планировании каких-либо мероприятий рыбохозяйственного плана следует использовать значения потенциальной рыбопродуктивности, минимальные из полученных.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России”, ГК № 16.740.11.0484; частично поддержана инициативным научно-методическим проектом № 8 по приоритетным областям развития СФУ и грантом РФФИ № 11-05-246а. Исследования в 2010 г. поддержаны Красноярским краевым фондом поддержки научной и научно-технической деятель-

ности – конкурс индивидуальных проектов молодых ученых, проект № 10 «Оценка рыбохозяйственного потенциала озера Ойское (Природный парк “Ергаки”)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление № 107-п от 4.04.2005 «Об образовании ООПТ – природного парка краевого значения “Ергаки”)».
2. Глущенко Л. А., Дубовская О. П., Иванова Е. А., Шулепина С. П., Зуев И. В., Агеев А. В. Гидробиологический очерк некоторых озер горного хребта Ергаки (Западный Саян) // *J. of Siberian Federal University // Biology*. 2009. Т. 2, № 3. С. 355–378.
3. Проект федерального закона “Об аквакультуре” // Минсельхоз РФ. 02.10.2009. URL: http://in.mcx.ru/navigation/docfeeder/v2_show/263.htm (дата обращения: 08.07.2010).
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
6. Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Водоросли: Справочник. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
7. Иванова М. Б. Продукция зоопланктона // Биологическая продуктивность северных озер. Т. 2. Озера Зеленецкое и Акулькино. Л., 1975. С. 97–115.
8. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1979. С. 169–171.
9. Смирнов Н. Н., Коровчинский Н. М., Котов А. А., Синев А. Ю. Систематика Cladocera: современное состояние и перспективы развития // Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология: мат-лы Всерос. школы-конф., ИББВ им. И. Д. Папанина. Нижний Новгород: Вектор ТиС, 2007. С. 5–73.
10. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.
11. Stockwell J. D., Johannsson O. E. Temperature-dependent allometric models to estimate zooplankton production in temperate freshwater lakes // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1997. Vol. 54. P. 2350–2360.
12. Гольд З. Г. Расчет продукции популяций водных животных физиологическим методом // Определение продукции популяции водных сообществ: Учебно-методическое пособие. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2000. С. 41–50.
13. Справочник по озерному и садковому рыбоводству / под ред. Г. П. Руденко. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 312 с.
14. Винберг Г. Г. Итоги исследований пресноводных сообществ всех трофических уровней // Ресурсы биосферы (итоги советских исследований по МБП). Вып. 2. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1976. С. 145–157.
15. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Задачи и методы изучения использования кормовой базы рыбой. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 19 с.
16. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
17. Никаноров А. М. Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 351 с.
18. Савченко Н. В. Гидробиология озер альпийского пояса Северо-Западного Алтая и Западно-Сибирской Субарктики (сравнительный аспект) // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее. Ч. 1: мат-лы Междунар. конф. (22–26 сентября 2008 г., г. Горно-Алтайск): 1–4, электр. ресурс: <http://e-lib.gasu.ru/konf/biodiversity/2008>.
19. Бульон В. В. Первичная продукция и трофическая классификация водоемов // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб., 1993. С. 147–157.
20. Копырина Л. И. Современное состояние водорослей водоемов в районе месторождения Мангазейского Верхоянского хребта // Наука и образование. 2010. № 2. С. 37–39.
21. Rautio M., Vincent W. F. Benthic and pelagic food resources for zooplankton in shallow high-latitude lakes and ponds // *Freshwater Biol.* 2006. Vol. 51. P. 1038–1052.
22. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1996. 189 с.
23. Попков В. К., Попкова Л. А. Зоопланктон озер бассейна верхнего Енисея как кормовая база выращиваемых сиговых // Экологические исследования водоемов Красноярского края. Красноярск, 1983. С. 122–128.
24. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 152 с.
25. Книжин И. Б. Хариусы (*Thymallus Cuvier*, 1829) Голарктики (систематика, филогеография, особенности экологии): автореф. дис. ...д-ра биол. наук. М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, 2009. 52 с.
26. Зуев И. В. Гольяны рода *Phoxinus* (сем. Cyprinidae) бассейнов рек Енисея и Пясины: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск: Томский гос. ун-т, 2007. 22 с.
27. Lien L. Biology of the minnow *Phoxinus phoxinus* and its interactions with brown trout *Salmo trutta* in Ovre Heimdalsvatn, Norway // *Holarctic ecology*. 1981. Vol. 4. P. 191–200.
28. Brett M. T., Muller-Navarra D. C., Persson J. Crustacean zooplankton fatty acid composition // *Lipids in aquatic ecosystems* / M. T. Arts, M. Kainz, and M. T. Brett. New York: Springer, 2009. P. 115–146.
29. Bell M. V., Tocher D. R. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in aquatic ecosystems: general pathways and new directions // *Ibid.* P. 211–236.
30. Крылов А. В., Гладышев М. И., Косолапов Д. Б., Сушчик Н. Н., Корнева Л. Г., Махутова О. Н., Кулаков Д. В., Калачева Г. С., Дубовская О. П. Влияние колонии серой цапли (*Ardea cinerea* L.) на планктон малого озера и содержание в нем полиненасыщенных жирных кислот // Сиб. экол. журн. 2011. № 1. С. 59–68. Krylov A. V., Gladyshev M. I., Kosolapov D. B., Sushchik N. N., Korneva L. G., Makhutova O. N., Kulakov D. V., Kalacheva G. S., Dubovskaya O. P.

- Small lake plankton and its essential polyunsaturated fatty acids content as affected by a colony of the Common Heron (*Ardea cinerea* L.) // *Contemporary Problems of Ecology*. 2011. Vol. 4, N 1. P. 42–49.
31. Михалев Ю. В. Водный и рыбохозяйственный фонд Красноярского края и Тувинской АССР // Рыбохозяйственные исследования на водоемах Красноярского края: Сб. научных трудов ГосНИОРХ. Л., 1989. Вып. 296. С. 100–112.
32. Попков В. К. Результаты и экологические последствия акклиматизации рыб в водоемах Алтайско-Саянского нагорья // *Вестник Том. гос. ун-та*. 2004. № 30. С. 123–125.
33. Museth J., Hesthagen T., Sandlund O. T., Thorstad E. B., Ugedal O. The history of the minnow *Phoxinus phoxinus* (L.) in Norway: from harmless species to pest // *J. Fish Biology*. 2007. Vol. 71 (Suppl. D). P. 184–195.

Evaluation of the Potential Fish Productivity of Lake Oiskoe (the Ergaky Mountain Range, West Sayan) over the Food Reserve

I. V. ZUEV¹, O. P. DUBOVSKAYA^{1,2}, E. A. IVANOVA^{1,2}, L. A. GLUSHCHENKO¹,
S. P. SHULEPINA¹, A. V. AGEEV^{1,2}

¹*Siberian Federal University*
660041, Krasnoyarsk, Svobodniy ave., 79
E-mail: dubovskaya@ibp.krasn.ru

²*Institute of Biophysics SB RAS*
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/50

As a result of integrated studies carried out at the end of August – September 2008–2010, the ichthyofauna and food reserve for fish in Lake Oiskoe (the Ergaky Range) was investigated. The trophic status of the lake was estimated on the basis of the biomass of phyto-, zooplankton and zoobenthos. Relying on calculations of average biomass and production per season for zooplankton and zoobenthos, estimations of potential ichthyomass, fish production and possible fishing amount were estimated.

Key words: lake Oiskoe, phytoplankton, phytoperiphyton, zooplankton, zoobenthos, ichthyofauna, fish biomass, fish production.