

Khlebovich V.V., Kondratenkov A.P. 1973. Stepwise acclimation – a method for estimating the potential euryhalinity of the gastropod *Hydrobia ulvae* // Marine Biology. Intern. J. on Life in Oceans and Coastal Waters. V.18. №1. P. 6 – 8.

McLeese D.W. 1956. Effects of temperature, salinity, and oxygen on the survival of the American lobster // J. Fisher. Research Board of Canada. V.13. № 2. P. 247 – 272.

Smurov A.O., Fokin S.I. 2001. Use of salinity tolerance data for investigation of phylogeny of *Paramecium* (Ciliophora, Peniculia) // Protistology. V. 2. № 2. P. 132 – 141.

## **СОСТОЯНИЕ КЕФТЕНЬ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПРИ ТОВАРНОМ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

**О.П. Стерлигова, С.П. Китаев, Н.В. Ильмаст, Я.А. Кучко, С.А. Павловский, Е.С. Савосин**

Учреждение Российской академии наук Институт биологии

Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия

e-mail: ilmast@karelia.ru

### **Введение**

Европейский Север отличается обилием внутренних пресноводных водоемов с разной продуктивностью и абиотическими условиями. Сокращение запасов и резкое падение промысла ценных видов рыб в этой части, привели к интенсификации работ, направленных на интродукцию промысловых объектов и разработку биотехники культивирования различных организмов. Одним из таких способов является садковое рыбоводство, в Карелии, главным образом, радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walbaum). К настоящему времени объемы ее производства достигли 10000т, что составляет 70% от общего производства форели в России. Успешному развитию этого направления способствуют благоприятные климатические условия региона, наличие транспортных сетей и квалифицированные кадры. В связи с тем, что форелевые садковые хозяйства организуются на внутренних водоемах, требования к охране окружающей среды и возможности самих водных объектов определяют их производственные мощности.

Цель исследований – оценить состояние Кефтеня губы Онежского озера при товарном выращивании форели и уточнить предельные объемы ее производства, не причиняя существенного вреда качеству воды.

### **Материалы и методы**

Работу выполняли в Кефтеня губе Онежского озера, где в течение 7 лет выращивается 300 т товарной форели в год. В соответствии с программой работ в 2008г. (июнь, август, октябрь) в губе отбирались пробы на гидрохимический, гидробиологический (фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос и ихтиофауна) анализ на 3-х постоянных станциях: непосредственно около садков, на расстоянии 150–200м по обе стороны от садков (на северо-запад и юго-восток).

Химический состав воды определялся по стандартным методикам (Абакумов, 1977; Морозов, 1998). Уровень трофности водоемов определялся по классификации С.П. Китаева (2007).

Сбор и обработка проб фитопланктона проводились по общепринятой методике (Кузьмин, 1975). Пробы, объемом 1 литр, отбирали батометром Рутнера со стандартных горизонтов, а также интегрированные по глубине. Количественные пробы просчитывали в камере Нажотта объемом 0.01 мл в двух повторностях. Все встреченные клетки измерялись, высчитывался их объем. Биомасса фитопланктона высчитывалась расчетным способом (Федоров, 1979), удельную массу клетки принимали равной 1г/м<sup>3</sup>. Для расчета индексов сапробности использовали уточненные списки индикаторных видов (Макрушин, 1974).

Отбор проб зоопланктона осуществлялся батометром Рутнера (объем 2 литра). Облавливались все слои воды, начиная с поверхностного слоя, с интервалом 1.0 м. Интегрированные пробы (поверхность-дно) процеживались через газ № 70, концентрировались до 100 мм<sup>3</sup> и фиксировались 4% формалином. Для изучения вертикального распределения зоопланктона также применялись ловы по отдельным горизонтам: 0–5 м, 5–10 м и > 10 м. Последующая обработка в лаборатории проводилась по стандартной методике (Методические рекомендации..., 1984).

Для отбора количественных проб макрозообентоса использовался дночерпатель ДАК-250 (модификация Экмана-Берджа с площадью захвата 1/40 м<sup>2</sup>) с последующей промывкой грунта через сито № 19 (ячейка 0.5 мм) и фиксацией 8%-м раствором формальдегида. На каждой станции брали по 1–2 дночерпателя. Обработку проб проводили в лаборатории по общепринятой методике (Жадин, 1956). Беспозвоночных взвешивали с точностью 0,1 мг на торсионных весах. Идентификация организмов макрозообентоса проводилась по определителям (Панкратова, 1983; Нарчук, 1999). Данные количественных проб макрозообентоса проанализированы при помощи пакета программ автоматизированной системы обработки гидробиологических данных (Хазов, 2000).

Сбор и обработка ихтиологического материала проводились по методикам Н.И. Чугуновой (1959) и И.Ф. Правдина (1966).

### Результаты и обсуждение

Рельеф Заонежья, куда относится Кефтьень губа Онежского озера, очень своеобразный, не встречающийся более нигде в Карелии. Геологическое прошлое района обусловило разнообразие форм озерных котловин. Провалы и тектонические трещины каменноугольной эпохи, денудационные процессы последующих периодов, в результате деятельности ледника были главными причинами их образования. (Берг, 1915; Кищенко, 1915).

Кефтьень губа неглубокая, хорошо прогреваемая, соединяющая с Повенецким заливом Онежского озера. Площадь водной поверхности 12 км<sup>2</sup>, наибольшая длина 15 км, ширина 1,0 км, средняя глубина 7,0 м, наибольшая 16 м, прозрачность 2,5 м, цвет воды светло – коричневый, активная реакция воды рН 7,1 – 7,8 (табл. 1).

Таблица 1

#### Основные гидрологические показатели Кефтьень губы

Показатели	
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	265
Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>	8.5
Средняя глубина, м	3.0
Максимальная глубина, м	25.0
Прозрачность, м	2.5
Удельный водосбор	31.2
Показатель условного водообмена	3.6

Преобладающим типом донных отложений являются илы. На озере встречены илы серого цвета, что обусловлено наличием в подстилающем грунте светло окрашенных глин. Грунты в углубленной части илистые, в прибрежье – глинисто – каменистые, местами отмечена гороховидная руда. (Домрачев, 1929).

Цветность воды в губе колеблется в пределах 12–20°, в среднем составляя 15°. Отмечены незначительные колебания перманганатной окисляемости по глубинам от 6,3 до 11,0 мгО<sub>2</sub>/л (табл. 2). Отчетливой стратификации в содержании органических веществ по глубинам в губе установить не удалось.

Анализ воды показал, что содержание общего фосфора и азота характерно для мезотрофных водоемов (Милиус и др., 1987; Хендерсон – Селлерс, Маркленд, 1990; и др.) и в целом вода в озере отвечает всем требованиям к ее качеству для выращивания товарной форели.

В составе фитопланктона за период исследования отмечено 52 вида и разновидности водорослей в следующем соотношении: сине-зеленые – 5, золотистые – 4, диатомовые – 30, пиррофитовые – 2, зеленые – 11.

В течение всего периода исследований доминировали диатомовые водоросли, массовыми видами являлись *Aulacoseira italica* var. *tenuissima*, *Aulacoseira islandica*,

Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Количественные показатели развития фитопланктона Кефтьень губы Онежского озера  
(Ч- численность, тыс.кл/л, Б-биомасса, г/м<sup>3</sup>)**

№ ст.	Весна		Лето		Осень		Среднее	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
200 м на северо-запад от садков	1086	1.769	3134	5.363	1840	2.353	2020	3.162
около садков	698	1.147	3204	4.637	1132	1.679	1678	2.487
200 м на юго-восток от садков	1176	2.174	3606	5.945	258	0.441	1680	2.853
Среднее	987	1.697	3315	5.315	1076	1.491	1793	2.834

Анализ сезонного развития фитопланктона показал, что динамика численности и биомассы описывается одновершинной кривой с летним максимумом. Рассматривая пространственное распределение водорослей по акватории водоема, следует отметить, что наибольшие средние показатели зарегистрированы в прибрежной зоне (ст.1). Средние значения для станций 2 и 3 отличались незначительно.

Индексы сапробности, рассчитанные по численности индикаторных видов, изменялись от 1.51 до 1.86 и в среднем составили 1.68, что характеризует водоем как бета-мезосапробный.

Степень зарастания Кефтьень губы макрофитами невелика – 10% площади озера. Высокие скалистые берега обуславливают крутой подводный склон и препятствуют развитию и распространению в этом озере высшей водной растительности, которая сконцентрирована, главным образом, в южном узком заливе и в северной части, у берегов и вокруг острова. Флора представлена 15 видами. Наиболее распространенными являются тростник, рдесты, кубышка, хвощ и камыш.

Зоопланктон Кефтьень губы, включает виды, широко распространенные в озерах Карелии и указанные ранее для водоемов Заонежья (Филимонова, 1965; Куликова, 2007). Видовое разнообразие планктонной фауны в губе, достигается главным образом за счет ветвистоусых ракообразных, что характерно для водоемов Карелии. В Кефтьень губе отмечено 36 видов планктонных ракообразных и коловраток. Из них *Rotatoria* – видов, *Cladocera*–и *Copepoda*. Основными формами летнего планктонного комплекса ракообразных являются эвритопные виды – *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Daphnia cristata*, *Chydorus sphaericus*, а также представители северной фауны – *Bosmina coregoni*, *Holopedium gibberum*. Из типичных представителей тепловодно-стенотермного комплекса нами был отмечен только один вид *Diaphanosoma brachyurum*. Средние количественные показатели зоопланктона по группам в летний и осенний периоды приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Средние количественные показатели зоопланктона в Кефтьень губе**

Группы	Численность		Биомасса	
	Тыс.экз./м <sup>3</sup>	%	г/м <sup>3</sup>	%
июнь – август				
<i>Rotatoria</i>	67.6	61.3	0.46	11.4
<b>Cladocera</b>	22.7	20.6	2.10	52.5
<i>Cyclopoida</i>	11.2	10.2	0.56	14.1
<i>Calanoida</i>	6.7	6.1	0.58	14.5
<i>Nauplii</i>	2.0	1.8	0.30	7.5
Всего	110.2	100	4.00	100
Октябрь				
<i>Rotatoria</i>	9.5	28.3	0.34	23.6
<b>Cladocera</b>	7.9	23.5	0.61	42.6
<i>Cyclopoida</i>	13.9	41.3	0.41	27.7
<i>Calanoida</i>	1.0	3.0	0.08	5.7
<i>Nauplii</i>	1.3	3.9	0.01	0.4
Всего	33.6	100	1.45	100

Сравнение наших результатов с литературными данными (Филимонова, 1965) показывает значительное увеличение количественных показателей летнего зоопланктона в Кефтьень губе

бе за последние 40 лет (с 2,25 г/м<sup>3</sup> в 1961 г. до 4,0 г/м<sup>3</sup> в 2007). При этом видовой состав и трофическая структура не претерпели заметных изменений. Учитывая вариабельность количественных показателей зоопланктона в зависимости от климатических условий года, целесообразно рекомендовать проведение дальнейших гидробиологических исследований.

Макрозообентос служит очень удобным объектом для мониторинга пресноводных водоемов, благодаря способности обитать в самых разных условиях, крупным размерам, приуроченности к конкретному местообитанию и достаточной продолжительности жизни, которая позволяет им аккумулировать влияющие на водную экосистему вещества (Баканов, 1997). Основу макрозообентоса в Кефтьень губе по биомассе и по численности составляют хирономиды (табл. 4).

Таблица 4

**Средняя за вегетационный сезон численность и биомасса макрозообентоса в Кефтьень губе**

Показатели Таксоны	N экз./м <sup>2</sup>	N%	B г/м <sup>2</sup>	B%	F%
У садков					
Oligochaeta	8.00	7.41	0.03	1.16	40.0
Diptera	20.00	18.52	0.07	2.72	40.0
Chironomidae	80.00	74.07	2.48	96.12	100
Total	108(29)	100	2.58(1.26)	100	100
200 м от садков					
Oligochaeta	33.00	7.04	0.12	1.33	66.7
Chironomidae	440.00	92.96	9.36	98.67	100
Total	473(15)	100	9.48 (2.22)	100	100

N – средняя численность, N% – относительная численность  
 B – средняя биомасса, B% – относительная биомасса  
 F% – встречаемость организмов в пробах от числа всех проб

Численность донных организмов варьировала от 87 до 133 экз./м<sup>2</sup>, биомасса от 0,6 до 1,7 г/м<sup>2</sup>. Доминирование среди хирономид представителей п/с Chironominae показывает, что Кефтьень губа приобретает черты мезотрофного озера. Для оценки степени загрязнения воды в губе был использован хирономидный индекс (К), предложенный Е.В. Балушкиной (1987), который составил 5.5, что позволяет характеризовать воду, как умеренно загрязненную.

Ихтиофауна Онежского озера в настоящее время насчитывает 36 видов рыб, относящихся к 15 семействам (Лукин и др., 2008). В Кефтьень губе нами выловлено 8 видов: окунь *Perca fluviatilis* L., ерш *Gymnocephalus cernuus* (L.), уклея *Alburnus alburnus* (L.), плотва *Rutilus rutilus* (L.), лещ *Abramus brama* (L.), красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (L.), щука *Esox lucius* L., налим *Lota lota* (L.). В уловах доминировала плотва.

Перед нами стояла задача оценить влияние форелевого комплекса на Кефтьень губу Онежского озера и определить в ней предельные объемы выращивания товарной форели. При производстве рыбы в форелевых садках основными источниками загрязнения являются корм и продукты метаболизма – фекалии, жидкие и твердые выделения. Как показали исследования последних лет, лимитирующими факторами загрязнения являются азот и фосфор. В связи с этим произведены расчеты количества фосфора и азота, которые поступают в водоемы с форелевых комплексов. Расчеты, выполнены разными способами (Китаев и др., 2006). Предельные объемы выращивания форели в садках, без ущерба для данной водной экосистемы представлены таблице 5.

Сопоставление биогеогенной нагрузки с допустимыми и опасными величинами показывает, что в настоящее время по фосфору и азоту от форелевой фермы при глубине 10 м она приближается к допустимым размерам. Считаем, что необходим постоянный контроль по состоянию Кефтьень губы (не реже одного раза в два года), по основным базовым параметрам: гидрохимия, гидробиология, качество и количество используемого корма.

**Объем выращивания форели, биогенная нагрузка от форелевого хозяйства, природная, допустимая и опасная для Кефтенъ губы Онежского озера**

Показатели	
Объем выращивания форели ,т/год	300
<b>Биогенная нагрузка от форелевой фермы, г/м<sup>2</sup> год</b>	
Фосфор	0.28
Азот	2.23
<b>Биогенная нагрузка допустимая, г/м<sup>2</sup> год</b>	
Фосфор	0.10
Азот	1.50
<b>Биогенная нагрузка опасная свыше, г/м<sup>2</sup> год</b>	
Фосфор	0.20
Азот	3.00
<b>Удельный вес (%) азота и фосфора форелевой фермы от естественной нагрузки</b>	
Фосфор	48
Азот	19

### Выводы

Анализ полученных данных по биогенной нагрузке, позволил уточнить норму выращивания товарной форели без ущерба для ее экосистемы не более 300 т в год, при высоких температурах воды – до 250г. Необходим постоянный контроль за состоянием всех звеньев данной экосистемы при выращивании товарной форели в садках.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ №05-04-49496, 07-04-00028, Общества форелеводов РК. Выражаем благодарности председателю Общества форелеводов РК. Артамонову В.П. за всестороннюю поддержку работ данного направления, зам. директору ООО «Русская крепость» С.В. Алексину за предоставленную возможность по сбору материала.*

### Литература

- Абакумов В.А. 1977. Контроль качества вод по гидрологическим показателям в системе гидробиологической службе СССР // Научные основы в системе контроля качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат. С.93–99.
- Баканов А.И. 1997. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. М. С. 278 – 283.
- Балушкина Е.В. 1987. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л.:»Наука». С. 146–165.
- Берг Л.С. 1915. О значении термина «нагорье» // Землеведение. Т. 22. кн. 4. С. 124–129.
- Домрачев П.Ф. 1929. Озера Заонежья // Рыбохозяйственный очерк. Труды Олонецкой научной экспедиции. Т. VIII. № 3. С.
- Жадин В.И. 1956. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.Т. 4, ч.1. С.279–382
- Китаев С.П. 2007г. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. 2007. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 395с.
- Китаев С.П., Стерлигова О.П. 2005. Воздействие форелевых комплексов на озерно-речные системы Карелии // Материалы Межд. конф. IV (XXVII) «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера». Вологда. ВГПУ. С.28–34.
- Китаев С.П., Ильмаст Н.В., Стерлигова О.П. 2006. Методы оценки биогенной нагрузки от форелевых ферм на водные экосистемы. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 40с.
- Кищенко 1915. Геологический и орографический очерк Олонецкой губернии //Естественные и экономические условия рыболовного промысла в Олонецкой губернии. Петрозаводск. С. 125–130.
- Кузьмин Г.В. 1975. Фитопланктон – видовой состав и обилие //Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов.- М.: Наука.
- Куликова Т.П. 2007. Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера Петрозаводск. 223 с.
- Лукин А.А., Ивантер Д.Э., Шарова Ю.Н. и др. 2008. Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 2008. 273 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. 1984. Л. 19 с.

- Милиус А.Ю., Линдперс А.В., Стараст Х.А. 1987. Статистическая модель трофического состояния малых светловодных озер // Водные ресурсы. № 3. С. 63–66.
- Морозов А.К. 1998. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов РК. Петрозаводск. КарНЦ РАН. С.161–162.
- Нарчук Э.П. 1999. Определитель беспозвоночных России и сопредельных территорий. С -Пб. С. 210–296.
- Панкратова В.Я. 1983. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР. Л.: Наука. 295с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб М.: Наука. 376с.
- Федоров В.Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности.- М.: Изд-во МГУ. 176с.
- Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х. 1990. Умирающие озера. (Причины и контроль антропогенного эвтрофирования). Л.: Гидрометеиздат. 279 с.

## **ВНУТРИВИДОВАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНОМОРСКО – КАСПИЙСКОЙ ТЮЛЬКИ *CLUPEONELLA CULTRIVENTRIS* (NORDMANN, 1840) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЛЛОЗИМНОЙ И RAPD- ИЗМЕНЧИВОСТИ**

**В.В. Столбунова, Д.П. Карабанов**

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод  
им. И.Д.Папанина РАН, Борок, Ярославская обл., Россия  
e-mail: vvsto@mail.ru

Вопрос о таксономическом статусе и степени внутривидовой подразделенности черноморско – каспийской тюльки до настоящего времени остается дискуссионным. У черноморско-каспийской тюльки *Clupeonella cultriventris* (ранее – *C. delicatula*) в связи с большим географическим ареалом выделяли 4 подвида: черноморская тюлька *C. delicatula delicatula*, каспийская тюлька *C. delicatula caspia*, азовская тюлька *C. delicatula azovi* и чархальская тюлька *C. delicatula tscharchalensis* (Владимиров, 1950; Световидов, 1952). По данным традиционного морфологического анализа азово-черноморские и каспийские популяции неоднократно переписывались то в статусе единого вида, то в статусе двух подвигов (Световидов, 1964; Атлас, 2002; Богущкая, Насека, 2004). После создания водохранилищ почти на всем протяжении Волги тюлька за короткий исторический период (порядка 40–50 лет) самостоятельно расселилась по всем водохранилищам каскада, а также по водохранилищам р. Камы и р. Шексна. При этом, фактически с момента первого обнаружения тюльки в волжских водохранилищах, встал вопрос об источнике ее происхождения – из азово-донской или же из каспийской популяции.

Для определения степени внутривидовой подразделенности и уточнения таксономического статуса тюльки в бассейнах Черного, Азовского и Каспийского морей был осуществлен популяционно-генетический анализ ряда крупных групп популяций с применением методов диск-электрофореза белков в полиакриламидном геле (PAGE) и полимеразной цепной реакции со случайными праймерами (RAPD-PCR).

RAPD – маркеры локализованы в основном в некодирующей области ДНК, скорость мутирования ее вдвое выше, чем в кодирующей области, которая составляет всего 1% генома, показателем полиморфизма которой является аллозимная изменчивость. Используемые методы дополняют друг друга и позволяют исследовать геном в целом.

Для анализа аллозимной изменчивости использовали выборки в размере 40 экземпляров из популяций: Сев. Каспия, 2 – Волгоградского вдхр., 3 – Горьковского вдхр., Рыбинского вдхр., Азовского м., Днестровского лим., р. Днепр, р. Маныч, *C. engrauliformes* (Каспийского м.). Живую рыбу фиксировали жидким азотом в сосудах Дьюара СК-50, либо замораживали при температуре не выше –27°C. В лабораторных условиях отбирали образцы для генетического исследования. Разделение и гистохимическое выявление аллозимов проводилось в соответствии со стандартными методиками (Глазко, 1988; Walker, 2002). В качестве основных изучаемых ферментов использовались: α-глицерофосфат дегидрогеназа (Е.С. 1.1.1.8), лактатдегидрогеназа (Е.С. 1.1.1.27), малатдегидрогеназа NAD-зависимая (Е.С. 1.1.1.37), малатдегидрогеназа NADP-зависимая (Е.С. 1.1.1.40), 6-фосфоглюконат дегидрогеназа (Е.С. 1.1.1.44), глюкозо-6-фосфат дегидрогеназа (Е.С. 1.1.1.49), супероксиддисмутаза (Е.С. 1.15.1.1),