

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/м³. 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 мм³ 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 м²) 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 км², 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 ²	265
Площадь водной поверхности, км ²	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 мгО₂/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/м³)**

№ 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 ³	%	г/м ³	%
июнь – август				
<i>Rotatoria</i>	67.6	61.3	0.46	11.4
Cladocera	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
Cladocera	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/м³ в 1961 г. до 4,0 г/м³ 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 ²	N%	B г/м ²	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./м², биомасса от 0,6 до 1,7 г/м². 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 биогеоценной 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 Кефтень губы Онежского озера

Показатели	
Объем выращивания форели ,т/год	300
Биогенная нагрузка от форелевой фермы, г/м² год	
Фосфор	0.28
Азот	2.23
Биогенная нагрузка допустимая, г/м² год	
Фосфор	0.10
Азот	1.50
Биогенная нагрузка опасная свыше, г/м² год	
Фосфор	0.20
Азот	3.00
Удельный вес (%) азота и фосфора форелевой фермы от естественной нагрузки	
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),