

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 556.558.8:639.312 (470.22)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ
В ОЗЕРАХ КАРЕЛИИ**

© 2019 г. О. П. Стерлигова, Я. А. Кучко, Е. С. Савосин, Н. В. Ильмаст

Институт биологии Карельского научного центр РАН, Петрозаводск, 185910

E-mail: ilmast@mail.ru

Поступила в редакцию 28.01.2019 г.

Впервые дана оценка состояния трех пресноводных водоемов Республики Карелия (Маслозеро, Сяргозеро и Елмозеро) при выращивании разновозрастной радужной форели в садках. Приведена лимнологическая характеристика этих озер и изучена динамика видового разнообразия количественных и структурных показателей гидробионтов в новых условиях. По разработанным методикам рассчитана фосфорная и азотная нагрузка от форелевых ферм на водоемы. Определены предельно допустимые объемы выращивания товарной форели без ущерба для водных экосистем и водопользователей. *Ключевые слова:* озерные экосистемы, гидробионты, форелеводство, биогенная нагрузка, Республика Карелия.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение закономерностей формирования и функционирования сообществ гидробионтов в разнотипных водных экосистемах под влиянием природных и антропогенных факторов является одной из фундаментальных задач гидробиологии. Особенно чувствительными к негативным воздействиям человека являются геологически молодые водные системы Европейского Севера, к которым территориально относится Республика Карелия (Филатов, Литвиненко, 2010).

Площадь республики составляет 172,4 тыс. км², и для нее характерно уникальное изобилие озер (более 60 тысяч). В ее пределах находится около 50% акватории Ладожского и 80% — Онежского озер, являющихся крупнейшими пресноводными водоемами Европы. Самую многочисленную группу (более 50 тысяч) составляют озера площадью до 10 га, от 1000 га и более всего 155. Озерность территории республики достигает 21%, и этот показатель является одним из самых высоких в мире (Ильмаст, 2012; Озера Карелии, 2013).

В настоящее время в северных водоемах наблюдается значительное сокращение запасов и падение уловов ценных промысловых рыб, что привело к интенсификации работ, направленных на разработку биотехники их разведения. Перспективным и экономически выгодным направлением в Республике Карелия является садковое рыбоводство в естественных водоемах, главным образом, выращивание радужной форели. Успешному развитию аквакультуры способствуют благоприятные климатические условия региона (длительный световой период во время вегетации, оптимальная температура, большие запасы чистой воды и др.), наличие транспортных сетей, квалифицированных кадров и поддержка предпринимателей в рамках приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса», куда включено и товарное рыбоводство.

Исследования по опытному выращиванию радужной форели в Карелии начали проводиться в 1960-е гг. в основном с целью изучения возможности выживания рыб в озерных условиях (Арендаренко, 1968). Товарным выращиванием радужной форели в садках занимаются в республике с 1980-х

гг. и за более чем за 40-летний период объемы ее производства значительно выросли (23000 т в 2017 г.). В настоящее время в Республике Карелия функционирует 57 фермерских хозяйств, и она является лидером по производству форели (70%) в России.

Основным условием при производстве форели является сохранение качества природных вод. Это особенно актуально для северных водоемов, в которых процессы трансформации органических веществ осуществляются крайне медленно. Все, что попадает в воду от форелевых хозяйств, не успевает трансформироваться, и может привести (и уже приводит) к изменению качества воды и даже трофического статуса водоемов (Стерлигова и др., 2018).

Установлено, что основными источниками загрязнения при выращивании радужной форели в садках являются корм, продукты метаболизма и, как показали результаты гидрохимических анализов последних лет, лимитирующими факторами служат биогенные элементы (азот и фосфор).

В странах с хорошо развитыми комплексами по выращиванию рыбы (Финляндия, Норвегия, Дания, Швеция) уже в конце XX в. до 80% биогенов поступало в моря. В России биогенные элементы с форелевых ферм остаются главным образом во внутренних водоемах, поэтому система наблюдений должна быть направлена на охрану этих водных объектов (Алимов, 2000, 2016; Рыжков, 2013).

Работа посвящена исследованию состояния некоторых водоемов Карелии при выращивании разновозрастной радужной форели в садках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили на озерах Маслозеро, Сяргозеро, Елмозеро, расположенных в Медвежьегорском районе Республики Карелия. На оз. Маслозере функционирует хозяйство по выращиванию 400 т разновозрастной форели в год, на Сяргозере — 300 т, на Елмозере — 500 т.

В соответствии с программой работ в 2018 г. (июнь, сентябрь) по единой методике, что имеет существенное значение при сравнении полученных данных, на всех трех озерах брали пробы на гидрохимический, гидробиологический (зоопланктон, макрозообентос, рыбы) анализы. Отбор проб проводился непосредственно около садков (20–30 м) и на удалении от них на 200–300 м и 500–700 м. Химический состав воды определяли по стандартным методикам (Абакумов, 1977; Морозов, 1998).

Для отбора проб зоопланктона применялся батометр Руттнера объемом 2 л, при этом облавливались все слои воды с интервалом в 1 м с трехкратной повторностью. При обработке проб использовали ряд руководств (Кутикова, 1977; Определитель..., 2010). Зоопланктон оценивался по видовому составу, численности (N), биомассе (B). Расчет степени органического загрязнения воды проводили с использованием выявленных в зоопланктоне индикаторных организмов по методу Пантле—Букк в модификации Сладечека с учетом рекомендаций по определению сапробности по зоопланктону для водоемов Карелии (Куликова, 1983; Sladecsek, 1973). Трофический статус водоемов оценивали по шкале трофности (Китаев, 2007).

Для сбора количественных проб макрозообентоса использовали дночерпатель ДАК–250 (модификация Экмана—Берджа с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$) с последующей промывкой грунта через сито № 19 (ячейка 0.5 мм) и фиксацией 8%-ным раствором формальдегида. На каждой станции брали по 1–2 дночерпателя (Баканов, 1997). Обработку проб и идентификацию организмов макрозообентоса проводили по общепринятой методике (Жадин, 1956). Беспозвоночных взвешивали с точностью 0,1 мг на торсионных весах. Данные количественных проб макрозообентоса проанализированы при помощи пакета программ автоматизированной системы обработки гидробиологических данных (Хазов, 2000).

Для оценки степени загрязнения вод использован хириноидный индекс (K),

предложенный Балушкиной (1997). Значение индекса K : от 0,14 до 1,08 — чистые воды, 1,08—6,05 — умеренно загрязненные, 6,5—9,0 — загрязненные.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые озера — Маслозеро, Сяргозеро и Елмозеро — принадлежат к бассейну Белого моря к водосбору Беломоро-Балтийского канала (р. Нижний Выг). Маслозеро и Сяргозеро относительно узкие, вытянутые с северо-запада на юго-восток, оз. Елмозеро — округлое (рисунок).

Водоемы отличаются по площади водного зеркала, глубине, прозрачности, по объему притока водных масс и расходу воды из истока (Озера Карелии, 2013). Важная роль при выращивании форели в пресноводных водоемах принадлежит показателю условного водообмена. Так, водные массы Маслозера заменяются с водосбора один раз в 11 лет, в Сяргозере — один раз в год и в Елмозере — один раз в 6 лет (табл. 1).

В целом исследуемые озера имеют благоприятные природные условия: равномерное распределение глубин для установки садков, относительную защищенность акваторий от ледовых и ветровых явлений, а также наличие подъезда и слабую заселенность береговой линии.

По химическому составу водные массы озер Маслозера и Елмозера относятся к гидрокарбонатному классу к «группе кальция», оз. Сяргозеро — «кальция и магния» (табл. 2). Все они принадлежат к олиготрофному типу с высоким качеством воды (Озера Карелии, 2013).

Радужная форель весьма требовательна к уровню содержания растворенного кислорода в воде. Оптимальная концентрация кислорода должна составлять не менее 9,0 мг/л, что и отмечено во всех трех озерах.

Величина рН в водоемах варьировала в пределах 6,6—7,6, критической величиной является рН ниже 4,5 и выше 9,0. Перманганатная окисляемость воды находилась в пределах от 4,0 до 7,0 мгО₂/л, значения био-



Карта—схема исследуемых озер.

логического потребления кислорода (БПК) варьировали от 1,0 до 1,8 мг/л. Среди форм минерального азота преобладают аммонийный и нитратный с концентрациями соответственно 0,07—0,20 и 0,03—0,15 мг/л (табл. 2).

Анализ воды показал, что содержание общего фосфора и азота характерно для олиготрофных и мезотрофных водоемов, т.е. условно чистых (Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990). В целом вода в трех водоемах отвечает всем требованиям (ОСТ 15.372.87) для выращивания радужной форели.

При мониторинге водных объектов в условиях антропогенного загрязнения динамика гидробиологических показателей играет существенную роль, так как короткий жизненный цикл зоопланктона позволяет даже при проведении ограниченных во времени наблюдений не только определить со-

Таблица 1. Основные гидрологические показатели исследуемых озер

Показатель	Маслозеро	Сяргозеро	Елмозеро
Координаты	63°28' с.ш., 32°57' в.д.	63°29' с.ш., 32°11' в.д.	63°40' с.ш., 33°09' в.д.
Высота над уровнем моря, м	125	120	130
Площадь водосбора, км ²	232	93,1	304
Площадь зеркала озера, км ²	82,8	11,0	54,9
Длина береговой линии, км ²	93,4	21,9	99,2
Объем озера, км ³	2,05	0,04	0,67
Длина озера, км	27,1	5,1	34,4
Ширина средняя, км	2,94	2,2	1,6
Ширина максимальная, км	6,3	2,8	2,8
Глубина средняя, м	20,0	6,0	12,2
Глубина максимальная, м	100	20	59
Прозрачность, м	2,0	3,5	4,6
Объем притока водных масс, млн. м ³	64,3	29,4	91,1
Среднегодовой расход воды из истока, млн. м ³	88,0	32,8	107,5
Показатель условного водообмена	0,09	0,84	0,16
Условный водообмен, лет	11,0	1,2	6,2

временное состояние водоема, но и дать его будущий прогноз.

Список организмов зоопланктона, отмеченных в оз. Маслозеро насчитывает 34 вида и форм, из них Rotifera — 10, Cladocera — 16, Sorepoda — 8; в Сяргозере — 37: соответственно 14, 15, 8; в Елмозере — 28: соответственно 6, 15, 7. Все они являются типичными для водоемов Карелии.

По уровню количественного развития зоопланктона озера Маслозеро и Сяргозеро можно охарактеризовать как α -мезотрофные со средней биомассой за вегетационный период 1,0–2,0 г/м³, оз. Елмозеро — как олиготрофное со средней биомассой 0,80 г/м³ (Китаев, 2007).

По величине индекса сапробности Пантле—Букк исследованные озера можно отнести к олигосапробному типу (2-й класс качества по шкале Роскомгидромета — чистые природные воды).

По достаточно высокому индексу видового разнообразия Шеннона—Уивера, который колеблется в пределах 2,8 (июнь) — 2,6 (сентябрь), все исследованные озера соответствуют олиго—мезотрофному типу (Андроникова, 1996).

Удобным объектом при исследовании пресноводных водоемов является макрозообентос. Благодаря способности обитать в самых разных условиях, крупным размерам, приуроченности к конкретному местообитанию и достаточной продолжительности жизни, макрозообентос может аккумулировать вещества, влияющие на водную экосистему (Баканов, 1997; Яковлев, 2005а, б).

В макрозообентосе всех трех озер главная роль принадлежала хириномидам и олигохетам. По уровню количественного развития зообентоса Сяргозеро и Елмозеро со средней биомассой за вегетационный период 1,3 г/м² соответствуют олиготрофным

Таблица 2. Результаты химического анализа воды в исследуемых водоемах в разные годы

Показатель	Маслозеро		Сяргозеро	Елмозеро	
	2008	2018	2018	2011	2018
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	2,4	4,0	7,0	5,50	5,61
Цветность, градус	9	11	28	25	27
рН	7,0	6,6	7,5	7,62	7,40
Содержание О ₂ , мг/л	9,6	9,0	9,2	10,0	9,5
Фосфор общий, мг/л	0,06	0,07	0,03	0,02	0,03
Аммонийный азот (NH ₄), мг/л	0,08	0,14	0,20	0,05	0,07
Нитритный азот (NO ₂), мг/л	0,01	0,02	0,02	—	0,01
Нитратный азот (NO ₃), мг/л	0,12	0,15	0,03	0,04	0,08
Азот общий, мг/л	0,26	0,30	0,50	—	0,60
Железо, мг/л	0,01	0,02	0,10	0,03	0,04
Натрий, мг/л	1,0	1,5	2,5	1,45	1,55
Калий, мг/л	0,5	0,8	1,5	0,40	0,45
Магний, мг/л	1,94	1,97	3,0	1,82	1,92
Кальций, мг/л	2,7	4,0	7,4	4,71	4,80
БПК ₅ , мгО ₂ /л	1,1	1,8	1,0	1,40	1,60
Взвешенные вещества, мг/л	3,0	4,0	3,0	3,0	3,3

Примечание. БПК₅ — биологическое потребление кислорода за 5 суток.

водоемам, а Маслозеро — α -мезотрофным со средней биомассой 4,3 г/м² (Китаев, 2007).

В профундальной зоне Маслозера, в отличие от других озер, обнаружены реликтовые ракообразные *Monoporeia affinis* и *Pallasea quadrispinosa*, которые очень чувствительны к снижению содержания растворенного в воде кислорода и в целом к эвтрофированию. В связи с этим было предложено использовать их в качестве индикаторов олиготрофии (Гордеев, 1963; Сушня и др., 1986). Ихтиофауна исследуемых озер в настоящее время насчитывает в Маслозере 14 видов, в Сяргозере — 9, в Елмозере — 13 (табл. 3).

По численности и биомассе в водоемах преобладали карповые и окуневые рыбы. Есть и ценные виды рыб — палия отмечена для Маслозера и Елмозера, сиг и ряпушка обнаружены во всех исследованных водо-

емах. Такие виды, как усатый голец и судак, выявлены только в Елмозере. В Маслозере обитают редкие виды — девятиглая колюшка и четырехрогий бычок (рогатка).

По своему рыбохозяйственному статусу все три озера относятся к высшей категории, так как в них обитают ценные лососевидные рыбы (палия, сиг, ряпушка). Для улучшения состояния популяции палии в качестве рекомендации целесообразно организовать ее искусственное воспроизводство.

При выращивании форели в садках в окружающую среду выделяются органические соединения и биогенные элементы, главным образом, азот и фосфор. При этом величина поступления соединений и биогенов в воду зависит от содержания этих компонентов в кормах, используемых при выращивании, поэтому необходимо соблюдать режим кормления в зависимости от массы рыбы и температуры воды. Так раствори-

Таблица 3. Видовой состав рыб исследуемых водоемов

Семейство, вид	Маслозеро	Сяргозеро	Елмозеро
Salmonidae – лососевые			
<i>Salvelinus lepechini</i> – голец (паляя)	+	-	+
Coregonidae – сиговые			
<i>Coregonus albula</i> – европейская ряпушка	+	+	+
<i>C. lavaretus</i> – обыкновенный сиг	+	+	+
Thymallidae – хариусовые			
<i>Thymallus thymallus</i> – европейский хариус	+	-	-
Osmeridae – корюшковые			
<i>Osmerus eperlanus</i> – корюшка	+	-	+
Esocidae – щуковые			
<i>Esox lucius</i> – обыкновенная щука	+	+	+
Cyprinidae – карповые			
<i>A. brama</i> – лещ	-	+	+
<i>Leuciscus idus</i> – язь	-	+	+
<i>Phoxinus phoxinus</i> – обыкновенный гольян	+	-	-
<i>Rutilus rutilus</i> – плотва	+	+	+
Cottidae – бычковые			
<i>Myoxocephalus quadricornis</i> – четырехрогий бычок, рогатка	+	-	-
Balitoridae – балиторовые			
<i>Barbatula barbatula</i> – усатый голец	-	-	+
Lotidae – налимовые			
<i>Lota lota</i> – налим	+	+	+
Gasterosteidae – колюшковые			
<i>Pungitius pungitius</i> – девятииглая колюшка	+	-	-
Percidae – окуневые			
<i>Gymnocephalus cernuus</i> – ёрш	+	+	+
<i>Perca fluviatilis</i> – речной окунь	+	+	+
<i>Sander lucioperca</i> – судак		-	+
Cottidae – рогатковые			
<i>Cottus koshewnikowi</i> – обыкновенный подкаменщик	+	-	-
Всего	14	9	13

мость фосфора, содержащегося в рыбных кормах, составляет обычно 40–60%, т.е. около половины содержащего в потребляемом корме фосфора выходит наружу вместе с фекалиями.

Растворимость азотных соединений намного лучше фосфора и составляет 85–90%. Только 10–15% содержащего в кормах азота выходит вместе с фекалиями. Основная часть азотной нагрузки состоит из

выделяемого через ткани рыбы аммонийного азота. Таким образом, состав кормов и техника кормления рыбы очень сильно влияют на содержание биогенов в воде.

Все перечисленные компоненты являются потенциальными источниками загрязнения водоемов, и это требует регулярного контроля состояния водной среды, особенно в зоне влияния садковых хозяйств.

Расчеты поступления биогенов в исследуемые озера были выполнены разными способами (Китаев и др., 2006) и дали близкие результаты (табл. 4). Анализ полученных данных показал, что суммарная нагрузка на Маслозеро по фосфору и азоту составляла 0,14 и 2,00 г/м², на Сяргозеро — 0,09 и 1,70 г/м², на Елмозеро — 0,12 и 1,70 г/м² и в настоящее время не превышает допустимые величины при средней глубине озер 10–20 м (Vollenweider, 1968). Объемы выращивания разновозрастной радужной форели в садках можно оставить на уровне проектных: 400, 300 и 500 т соответственно.

Для Маслозера необходимо учитывать показатель условного водообмена, который равен 0,09, т.е. вода озера заменяется водой с водосборной площади один раз за 11 лет. Поэтому биогены от форелевой фермы будут накапливаться в озере и в течение незначительного времени могут достигнуть опасного уровня. Положительным фактором является то, что движение воды в губе обусловлено действием ветра, поэтому биогены и другие вещества с форелевых садков частично выносятся в открытое озеро, и это уменьшает загрязнение губы.

Для корректировки дальнейших объемов выращивания форели в исследуемых водоемах требуется повторная экологическая экспертиза через три года на Маслозере и пять лет — на Сяргозере и Елмозере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ полученных результатов по состоянию водоемов при

Таблица 4. Объем выращивания форели, биогенная нагрузка от форелевого хозяйства, природная, допустимая и опасная для исследованных озер

Показатель	Маслозеро	Сяргозеро	Елмозеро
Объем выращивания форели, т/год	400	300	500
Биогенная нагрузка от форелевой фермы, г/м ² год			
Фосфор	0,09	0,03	0,05
Азот	0,32	0,50	0,50
Биогенная нагрузка естественная, г/м ² год			
Фосфор	0,05	0,06	0,07
Азот	1,68	1,20	1,20
Биогенная нагрузка суммарная, г/м ² год			
Фосфор	0,14	0,09	0,12
Азот	2,00	1,70	1,70
Биогенная нагрузка допустимая, г/м ² год			
Фосфор	0,15	0,13	0,15
Азот	2,30	1,80	2,30
Биогенная нагрузка опасная, г/м ² год			
Фосфор	0,30	0,25	0,30
Азот	4,50	3,80	4,50

выращивании разновозрастной радужной форели в садках, позволил определить роль и взаимодействие отдельных факторов при функционировании водных экосистем при новом антропогенном воздействии (развитие пресноводной аквакультуры), что необходимо для решения теоретических и прикладных вопросов классификации озер и их использования.

При таких объемах выращивания форели в республике целесообразно проведение экологической экспертизы (гидрохимия, гидробиология, качество и количество используемого корма и т.д.) на всех хозяйствах (57) один раз в пять лет для предотвращения отрицательных последствий их влияния на водные экосистемы.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218–2019–0081, Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» проект № 0221–2018–0002; НП «Общество форелеводов Республики Карелия».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В. А. Контроль качества вод по гидрологическим показателям // Научные основы в системе контроля качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 93–99.

Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.

Алимов А. Ф. Еще раз об экологии. М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2016. 62 с.

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

Арендаренко Г. А. Опыт создания маточного стада радужной форели в естественном водоеме // Тез. док. молод. специалистов. Петрозаводск: ПГУ, 1968. С. 154–155.

Балушкина Е. В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб.: ЗИН РАН, 1997. С. 266–292.

Баканов А. И. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. М.: ИПЭЭ РАН им. А. Н. Северцова, 1997. С. 278–283.

Гордеев О. Н. Условия обитания реликтовых ракообразных в озерах Онежского ареала и их распространения // Рыбное хозяйство внутренних водоемов ЛатССР. Т. 7. Рига: Акад. наук Латв. ССР, 1963. С. 129–141.

Жадин В. И. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Ч. 1. М.; Л.: Наука, 1956. С. 17–41.

Ильмаст Н. В. Рыбное население пресноводных экосистем Карелии в условиях их хозяйственного освоения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ИПЭЭ РАН им. А. Н. Северцова, 2012. 44 с.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Китаев С. П., Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П. Методы оценки биогенной нагрузки от форелевых ферм на водные экосистемы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 40 с.

Куликова Т. П. Рекомендации по определению сапробности с учетом биологических особенностей планктонных организмов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1983. 6 с.

Кутикова Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

Морозов А. К. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. С. 122.

- Озера Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
- ОСТ 15.372–87. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и норма. М.: Министерство рыбного хозяйства СССР, 1988. 58 с.
- Рыжков Л. П. Сохранение водной среды при развитии садкового рыбоводства // Экологический справочник для рыбоводной промышленности северо–запада России. Хельсинки: НИИ охот. и рыб. хоз-ва Финляндии, 2013. С. 103–106.
- Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Кучко Я. А. и др. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. 127 с.
- Сушеня Л. М. Семенченко В. П., Вежновец В. В. Биология и продукция реликтовых ракообразных. Минск: БГУ, 1986. 159 с.
- Филатов Н. Н., Литвиненко А. В. Опыт исследования и использования водных ресурсов Карелии // Современные проблемы и задачи рационального использования ресурсов Онежско-Ладжского и Беломорского водных бассейнов. Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. С. 68–76.
- Хазов А. Р. Анализ гидробиологических данных и его программная реализация. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 154 с.
- Хендерсон–Селлерс Б., Маркленд Х. Р. Умирающие озера. Л.: Наука, 1990. 279 с.
- Яковлев В. А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч. 1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005а. 161 с.
- Яковлев В. А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч. 2. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005б. 145 с.
- Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. F. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie. 1973. Bd. 7. 218 s.
- Vollenweider R. A. Scientific fundamentale of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in eutrophication // DESD Techn. Rep., 1968. V. 68, № 27. P. 1–182.

PROSPECTS OF CULTIVATION OF AQUACULTURE OBJECTS IN THE LAKES OF KARELIA

© 2019 y. O. P. Sterligova, Ya. A. Kuchko, E. S. Savosin, N. V. Ilmast

Institute of Biology, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, 185910

In the article, for the first time, an assessment of the state of three freshwater bodies of the Republic of Karelia (L. Maslozero, L. Syargozero and L. Elmozero) in the cultivation of different ages of rainbow trout in cages is given. Limnological characteristics of these lakes are given. The dynamics of the species diversity of quantitative and structural indicators of hydrobionts in the new conditions has been studied. Phosphorus and nitrogen load from trout farms on water bodies is calculated according to the developed methods. The maximum allowable volumes of commercial trout cultivation without damage to aquatic ecosystems and water users are determined.

Key words: lake ecosystems, hydrobionts, trout farming, biogenic load, Republic of Karelia