

В.О. Артамонов, председатель Ассоциации форелеводов Карелии

Ассоциация форелеводов Карелии
РФ, 185031, г. Петрозаводск, ул. Заводская, 18
Н.В. Ильмаст, доктор биологических наук
О.П. Стерлигова, доктор биологических наук
Я.А. Кучко, старший научный сотрудник
Е.С. Савосин, научный сотрудник
Н.П. Милянчук, младший научный сотрудник
Д.С. Савосин, научный сотрудник

Институт биологии Карельского научного центра РАН
РФ, 186910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
E-mail: ilmast@mail.ru

УДК 63.639.3.05

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/72-76

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ВЕДЕНИЯ РЫБОВОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*

Представлены результаты исследований гидрологического, гидрохимического и гидробиологического состояния Кондопожской губы Онежского озера в условиях выращивания товарной форели в садках (объем производства 5540 т/год в семи рыбоводных хозяйствах). По гидрологическим показателям (площадь – 243 км², средняя глубина – 21 м, максимальная – 82 м, условный водообмен – 0,45) Кондопожская губа Онежского озера отвечает требованиям для выращивания форели. По гидрохимическим показателям (содержание кислорода, биогенов, взвешенных веществ) губа принадлежит к олиго-мезотрофному типу, качество воды соответствует требованиям к гидрохимическому составу и предельно-допустимым концентрациям (ПДК) при производстве форели. По уровню развития количественного зоопланктона водные массы в исследованной акватории – олиготрофные. По величине индексов сапробности (1,79–1,81) воды оцениваются как β-мезосапробные, третий класс качества (умеренно загрязненные). По развитию бентосной фауны и особенностям ее видового состава (шкала трофности) губа соответствует олиго-мезотрофному типу, показателю сапробности (Пантле-Букк-3,05) – мезосапробному. Приведен расчет биогенной нагрузки от форелевой фермы и уточнен объем выращивания форели в губе. Отмечено, что при длительной эксплуатации рыбоводных хозяйств с большим объемом выращивания форели необходим контроль состояния губы один раз в три года.
Ключевые слова: водная экосистема, Кондопожская губа Онежского озера, форелевая ферма, биогены, зоопланктон, зообентос, оценка влияния, объем выращивания рыбы, Республика Карелия.

V.O. Artamonov, Chairman of the Association of Trout Breeders of Karelia

Association of Trout Breeders of Karelia
RF, 185031, g. Petrozavodsk, ul. Zavodskaya, 18
N.V. Il'mast, Grand PhD in Biological sciences
O.P. Sterligova, Grand PhD in Biological sciences
Ya.A. Kuchko, Senior Researcher
E.S. Savosin, Researcher
N.P. Milyanchuk, Junior Researcher
D.S. Savosin, Researcher
Institute of Biology KRC RAS
RF, 186910, g. Petrozavodsk, ul. Pushkinsakaya, 11
E-mail: ilmast@karelia.ru

MONITORING STUDIES OF THE KONDOPOZHSKAYA GUBA OF ONEZHSKOE LAKE STATE IN THE CONDITIONS OF FISH FARMING

The results of the study of the hydrological, hydrochemical and hydrobiological state of Kondopoga Bay of Lake Onega affected by commercial trout pond farming (production rate is 5540 t/year in 7 nursery ponds) are reported. The hydrological indices of Kondopoga Bay of Lake Onega (area 243 km², average depth 21 m, maximum depth 82 m, arbitrary water exchange 0.45, etc.) meet trout pond farming requirements. Its hydrochemical indices (percentages of oxygen, nutrients, suspended particles, etc.) show that the bay is of mesotrophic type, in which water quality meets the hydrochemical composition and maximum allowable concentration (MAC) requirements for trout production. The development level of quantitative zooplankton shows that the water masses in the water zone studied are oligotrophic. The water is characterized as β-mesosaprobic, based on its saprobity index of 1.79-1.81, which is consistent with quality class 3 (mildly polluted water). The bay corresponds to an oligo-mesotrophic type on a nutrient content scale, as indicated by the development and species composition of benthic fauna, and a mesosaprobic type, as indicated by the saprobity index (Pantle-Bukk-3.05). The nutrient load exerted by the trout farm is estimated and the scope of trout farming in the bay is recalculated. It is noted that the long-term management of fish farms, which produce great amounts of trout, requires monitoring of the bay once in three years.
Keywords: aquatic ecosystem, Kondopoga Bay of Lake Onega, trout farm, nutrients, zooplankton, zoobenthos, assessment of influence, fish production rate, Republic of Karelia.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Ассоциации форелеводов Карелии, по Госзаданию ИБ КарНЦ РАН / The work was carried out with the financial support of the Karelian Trout Breeders Association under the state task of the Institute of Biology of Karelian Research Centre RAS.

Сокращение промысла ценных видов рыб привело к интенсификации работ, направленных на интродукцию промысловых объектов и разработку биотехники их культивирования. За последние 40 лет в рыбохозяйственной отрасли большое значение приобрела аквакультура, которая обеспечивает в мире почти половину потребляемых людьми гидробионтов. В Республике Карелия основное направление в рыбоводстве – садковое выращивание радужной форели (*Parasalmo mykiss*), как одно из самых перспективных и рентабельных производств. Успешному развитию форелеводства в республике способствуют благоприятные климатические условия региона (длительный световой период, оптимальная температура, большие запасы чистой воды), наличие транспортных сетей и квалифицированных кадров. В Карелии товарным выращиванием радужной форели в садках стали заниматься с 1980-х годов. С тех пор объемы ее производства значительно выросли, особенно за последние пять лет (2015 год – 23, 2020 – 36,2 тыс. т). Карелия – лидер по производству форели (80 %) в Российской Федерации.

Известно, что по силе загрязнения естественных водоемов постройка каждой фермы равносильна вводу в действие маленькой фабрики или завода, поэтому увеличение промышленного разведения форели в северном регионе может привести к быстрому эвтрофированию водоемов.

Цель работы – проведение мониторинговых исследований состояния Кондопожской губы Онежского озера в районе размещения рыбодных хозяйств по выращиванию радужной форели, уточнение предельных объемов ее производства без ущерба для экосистемы водоема.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2021 году оценивали гидрологический режим губы, отбирали пробы на гидрохимический и гидробиологический (зоопланктон, макрозообентос) анализы непосредственно около садков и на удалении 300...500 м. Химический состав воды определяли в ООО «Северная аналитическая лаборатория» (лиц. № РОСС. RU.0001.21AY63). В настоящее время в Кондопожской губе функционируют пять форелевых хозяйств разной мощности (табл. 1).

Пробы зоопланктона отбирали с помощью батометра Рутнера объемом 2 л из всех слоев воды (поверхность – дно) с интервалом 1 м. Зоопланктон оценивали по видовому составу, численности, биомассе, индексу видового разнообразия Шеннона. Расчет степени органического загрязнения воды проводили с использованием выявленных индикаторных организмов с учетом рекомендаций по определению сапробности. [4] Трофический статус водоема устанавливали по С.П. Китаеву. [1]

Для сбора количественных проб макрозообентоса использовали дночерпатель ДАК-250 (модификация Экмана–Берджа с площадью захвата 1/40 м²). Идентифицировали организмы по определителям. [5] Данные количественных проб проанализированы при помощи пакета программ автоматизированной системы обработки гидро-

биологических данных. [11] Расчеты биогенной нагрузки выполнены с применением стандартных методик. [8]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрологические показатели

Онежское озеро – уникальный водоем, который содержит стратегический запас пресной воды высокого качества. Важно оценивать и прогнозировать состояние его экосистемы в условиях антропогенной нагрузки и климатических изменений. Кондопожская губа – один из крупнейших и глубоководных заливов Онежского озера. Площадь ее акватории составляет 243 км², объем водной массы – 5,1 км³, средняя глубина – 21 м, максимальная – 82 м. [2] Площадь водосбора – 8250 км². Показатель условного водообмена (отношение объема годового стока к объему водной массы) равен 0,45, то есть водные массы губы заменяются водой с водосбора один раз в два года. За счет водообмена с открытой частью озера этот показатель значительно выше. В Кондопожской губе преобладают плотностные и ветровые течения. Хорошо выражены в вершинной части губы при весеннем паводке и осенних дождях стоковые течения. В безледоставный период доминируют ветровые течения со средней скоростью 4,0 м/с. Так как губа ориентирована с северо-запада на юго-восток, то ветры первого направления создают сгонные течения, а второго – нагонные. На рыбодных участках постоянно, даже в штилевую погоду, существуют течения. При средней глубине губы – 21 м, средней скорости течения – 6 см/с и расходе дрейфового течения – 480 м³/с вся толща воды движется в одном направлении, что очень важно при садковом выращивании рыбы.

Гидрохимические показатели

Онежское озеро характеризуется хорошо выраженной лимнической гетерогенностью, обусловленной его большими размерами, геологическим строением котловины, а также неравномерным распределением приточности и различной степенью антропогенной нагрузки. Основная часть озерной котловины заполнена чистыми олиготрофными водами, однако некоторые заливы загрязнены из-за промцентров. [9] Химический состав воды Онежского озера формируется речным, подземным и антропогенным стоками, а также атмосферными осадками, Кондопожская губа – один из загрязненных заливов Онежского озера. В его вершинную часть поступают воды реки Суна (до 90% общего объема). Главный источник загрязнения – сточные воды предприятия целлюлозно-бумажного производства

Таблица 1.
Деятельность предприятий аквакультуры в Кондопожской губе Онежского озера за 2020 год

№	Предприятие	Выращено рыбы, т
1.	ИП Апроду Л.Г.	290
2.	ИП Гутьро Г.Д.	500
3.	ИП Федоренко Н.В.	3600
4.	ООО «Парад плюс»	1000
5.	ООО «СтройФасад»	150

АО «Кондопога». [7] Сток реки Суна улучшает качество воды в устье залива, одновременно усиливая перенос загрязняющих веществ в открытую часть озера. При этом увеличение количества рыбоводных хозяйств и объемов производства форели в Кондопожском заливе, как и в Онежском озере в целом, может быть причиной появления локальных зон эвтрофикации и, как следствие, ухудшения качества воды. [13] Результаты анализов химического состава вод с использованием кинетической модели трансформации лабильных веществ в озерных экосистемах свидетельствуют, что современное состояние Онежского озера приблизилось к допустимой фосфорной нагрузке. [3]

Вода в Кондопожской губе малоцветная, мало-минерализованная, слабощелочная, по химическому составу относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу, с минерализацией 52...73 мг/л. Оптимальная концентрация кислорода для выращивания форели должна составлять не менее 9,0 мг/л, в губе она – 9,2...9,7 мгО₂/л. Величина рН в озере – 5,7...7,1, ее критическая величина ниже 4,5 и выше 9,0. Перманганатная окисляемость в пределах нормы – 7,4...11,2 мгО₂/л. Аммонийный азот в воде летом менее 0,5 мг/л, нитратный – 0,2 мг/л (осенью – 0,25...0,32). Доля фосфатов не превышает 0,02 мг/л, взвешенных веществ – 1,4...2,1 как летом, так и осенью. Согласно требованиям (ОСТ 15.372–87) к водоемам рыбохозяйственных категорий в Кондопожской губе предельно допустимые концентрации (ПДК) не превышают их величин при выращивании форели. Анализ показателей воды показал, что содержание биогенов (фосфор и азот) характерно для мезо-олиготрофных водоемов. [1] В целом вода отвечает всем требованиям для выращивания товарной форели в садках.

Гидробиологические показатели

В условиях антропогенного загрязнения динамика гидробиологических показателей играет существенную роль при мониторинге водных объектов. Важную роль изучения сообществ гидробионтов (планктон, бентос) определяется их способностью ассимилировать органическое вещество, производимое в водоеме и приносимое извне, и преобразовывать его для потребления организмами более высоких трофических уровней. Они играют значительную роль в процессах биологического самоочищения водоемов.

Зоопланктон. Список организмов, отмеченных нами на всех форелевых участках Кондопожской губы в летний период 2021 года, насчитывал 36 видов: коловратки Rotifera – 9, ветвистоусые ракообразные Cladocera – 18, веслоногие ракообразные – 9 (из них *Calaniformes* – 4 и *Cyclopiformes* – 5). Среди коловраток Rotifera доминируют *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Polyarthra dolychoptera* – типичные представители северного планктонного комплекса, относящиеся к группе массовых видов центрального плеса Онега. Из группы ракообразных наиболее многочисленны виды северной фауны (*Eudiaptomus gracilis*, *Thermocyclops oithonoides*, *Daphnia cristata*, *Holopedium gibberum*, *Bosmina coregoni*, *B. longispina*), а также ряд организмов, встречающихся в различных биотопах – *Mesocyclops leuckarti*, *Chydorus sphaericus*, *B. longirostris*.

Видовой состав и доминирующий комплекс зоопланктона в районе рыбоводных участков –

типичный для пелагической части Кондопожской губы, имеет сходство с таковым в центральном плесе Онежского озера. В летний период на всех станциях до 56 % биомассы создается ветвистоусыми ракообразными Cladocera, в основном *pp. Bosmina*, *Daphnia* и *Limnosedra frontosa*. К группе субдоминантов можно отнести веслоногих ракообразных отряда Calaniformes, их средний удельный вес составляет 32 % за счет развития *E. gracilis*. На долю циклопид (*M. leuckarti*, *Th. oithonoides*, *C. strenuus*) и коловраток (*A. priodonta*, *K. longispina*) приходится 12 и 1 % соответственно. По численности доминируют ветвистоусые и веслоногие ракообразные. Средний индекс видового разнообразия по станциям – 2,1 бит/экз., сапробности Пантле-Букк – 1,81. По уровню количественного развития планктонной фауны в летний период 2021 года исследуемый район относится к олиготрофному типу с общей биомассой до 1,0 г/м³. [1] Ранней осенью (последняя декада сентября) при сохранении достаточно высокой температуры воды, характерной для периода гидробиологического лета (10,8°C) было отмечено незначительное обеднение видового состава (до 20 видов) и некоторое снижение количественных показателей зоопланктона. В первую очередь из планктона выпадает большинство видов Cladocera, на долю которых приходится 41 % биомассы. Удельный вес веслоногих ракообразных Сороперода (каляниды, циклопиды и их науплии) возрастает до 57 %. Средний индекс видового разнообразия в осенние месяцы снижается до 1,7 бит/экз. Осенью сообщество зоопланктона не изменилось. Это согласуется с основными климатическими особенностями в исследуемый период (теплое лето, высокие температуры воды и воздуха, позднее наступление похолодания).

Наши результаты подтверждают стабильность видового состава, количественных показателей и структурных особенностей сообщества зоопланктона в Кондопожской губе Онежского озера на протяжении последних 40-50 лет. Доминирующий комплекс в пелагиали губы представлен видами-индикаторами олиго-бета-мезосапробных условий. По уровню количественного развития зоопланктона, численность которого в летний период – 17,0...34,0 тыс. экз./м³, биомасса – 0,4...1,0 г/м³, в осенний – 7,6...11,2 тыс. экз./м³ и 0,3...0,4 г/м³ соответственно, водные массы можно охарактеризовать как олиготрофные. По величине индексов сапробности (1,79...1,81), воды оцениваются как β-мезосапробные, что соответствует третьему классу качества – умеренно загрязненные. Достоверных различий в основных показателях сообщества зоопланктона в зоне рыбоводных участков и на удалении до 1 км не выявлено. Организмы-индикаторы повышенной сапробности в пробах зоопланктона отсутствовали.

Зообентос. Донные отложения в местах постановки садков в районе Кондопожской губы были представлены глинистыми и илисто-песчаными грунтами. Общий список бентосных организмов, обнаруженных в летне-осенний период, насчитывал 65 таксонов, из них Oligochaeta – 10, Chironomidae – 36, прочие – 9. Преобладающий комплекс зообентоса формируют личинки хиро-

номид подсемейства Chironominae (*Chironomus* sp., *Stictochironomus* sp.), Orthoclaadiinae (*Zalutschia* sp.) и олигохеты семейства Tubificidae (*Limnodrilus hoffmeisteri* и *Tubifex tubifex*). Также отмечены представители моллюсков (Gastropoda, Bivalvia), ручейников (*Molanna angustata* sp.) на песчаных биотопах литорали и профундали. Более 50% таксонов макробеспозвоночных представлено насекомыми (Diptera, Trichoptera).

Показатели средней численности зообентоса губы в летний период 2021 года – 325...852 экз./м², средней биомассы – 1,2...1,6 г/м². Осенью в бентоценозах доминировали те же основные группы, что и летом. Доля Chironomidae по биомассе в пробе – 10...88,6, численности – 16,7...33 %. Литоральная зона в пределах расположения форелевого хозяйства практически отсутствует. Средняя численность зообентоса в летне-осенний период – 361...1122 экз./м², биомасса – 1,2...5,3 г/м².

По значению индекса сапробности Пантле–Букк (3,05...3,53), полученного с использованием девяти таксонов макрозообентоса (виды-индикаторы), данный район относится к полисапробному типу вод. Хиرونимидный индекс по разным форелевым хозяйствам – 1,62...2,21, что позволяет отнести исследованные районы к умеренно-загрязненным водным объектам. По олигохетному индексу Гуднайта–Уитлея (ОИ – 16...36 %), основанному на соотношении численности олигохет и всех организмов макрозообентоса водоем относится к 1–2 классу качества вод. Исключение составляет РВУ ИП Г.Д. Гутыро (РВУ № 1), ОИ = 63,8 %, что соответствует 3–4 классу. В непосредственной близости к садкам значения ОИ достигали максимума (94,3 %). Этот участок закрыт в 2020 году. Акватория Кондопожской губы Онежского озера принадлежит к олиго-мезотрофному типу по количественным показателям зоопланктона и макрозообентоса.

Расчеты биогенной нагрузки

Определение экологически допустимых объемов выращивания форели без ущерба для водной среды – основа для организации рыбоводных комплексов. Расчеты, выполненные разными способами и методами, дали близкие результаты. Учитывались гидрологические, гидрохимические, гидробиологические показатели, качество корма и технология кормления. При выращивании радужной форели в садках на кормах фирмы BioMag с максимальными кормовыми коэффициентами 1,0...1,2 предполагается выделение следующего количества биогенов: фосфора на 1 т продукции форели – 6,0, азота – 65 кг, соответственно.

Большое практическое значение при рыбоводстве имеет определение критической концентрации общего фосфора, превышение которой создает реальные угрозы для водных экосистем. [8, 12] Большинство исследователей определяют минимальную концентрацию общего фосфора в водоемах – 0,020 мг/л, а при 0,035 мг/л озера переходят из одного трофического уровня в другой, что приводит к их деградации. Определяя критическую концентрацию общего фосфора, учитывая значимость показателя, следует руководствоваться принципом выбора наиболее жестких значений па-

раметров в наименее благоприятных режимах. [6] Исходя из этого принципа, предлагается принять в качестве критической концентрации общего фосфора в водоемах величину, не превышающую 0,020 мг/л. [1, 10]

При выращивании форели в садках в окружающей среде выделяются органические вещества, включая биогенные элементы. Растворимость фосфора, содержащегося в рыбных кормах, составляет обычно 40...60 %, то есть около половины выходит наружу вместе с фекалиями. Растворимость азотных соединений намного выше фосфорных – 85...90 %. Основная часть азотной нагрузки состоит из выделяемого через ткани рыбы аммонийного азота. Для расчета объема выращивания товарной форели на качественных кормах разных фирм использовали нормативные кормовые коэффициенты (1,1...1,3), применяли выделение биогенов – фосфора на 1 т товарной рыбы не более 6, азота – 55 кг соответственно, на 1 кг рыбы – 1,35 кг корма.

При выращивании 500 т товарной форели (участки 1, 2, 3) сопоставление фосфорной и азотной нагрузки с природной и от форелевой фермы (средняя глубина установки садков – 18 м) показывает, что суммарная нагрузка по фосфору (0,13 г/м²) и азоту (1,80 г/м²) не превышает допустимых величин (табл. 2).

При выращивании 150 т товарной форели (участок 4) на средней глубине установки садков – 12 м суммарная нагрузка по фосфору (0,11 г/м²) и азоту (1,50 г/м²) не превышает допустимых величин.

При производстве 300 т товарной форели (участок 6) и средней глубине установки садков – 15 м суммарная нагрузка по фосфору (0,11 г/м²) и азоту (1,70 г/м²) не превышает допустимых величин.

При объеме выращивания 3600 т товарной форели (участок 5) на средней глубине установки садков – 20 м суммарная нагрузка по фосфору (0,14 г/м²) и азоту (2,00 г/м²) не превышает допустимых величин. В этом форелевом хозяйстве объем производства не надо увеличивать.

На всех исследованных участках Кондопожской губы объемы выращивания форели близки к допустимым. Опасных последствий в водной экосистеме от интенсивного выращивания рыбы пока помогает избежать высокая проточность озера в районах расположения садков и ветровое течение воды, так как биогены и другие вещества из форелевых садков частично выносятся в открытые участки водоема.

Выводы. Несмотря на сложную экономическую ситуацию в РФ, Кондопожский муниципальный

Таблица 2.

Нагрузка фосфора и азота на водоемы в зависимости от глубины, г/м² год [14]

Средняя глубина, м	Допустимая		Опасная, свыше	
	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот
5	0,07	1,0	0,10	2,0
7,5	0,08	1,30	0,17	2,50
10	0,10	1,50	0,20	3,00
15	0,13	1,80	0,25	3,8
20 м	0,15	2,3	0,30	4,5

район остается одним из крупных промышленных центров Республики Карелия, хозяйственная деятельность предприятий которого активно развивается. В 2020 году в семи форелевых хозяйствах было выращено 5540 т форели. Дальнейшее увеличение объема производства форели, при значительном техногенном и рекреационном загрязнении, может привести к деградации губы. Поэтому руководителям предприятий необходимо соблюдать все правила эксплуатации хозяйств и не превышать объем производства, строго регулировать режим кормления, вовремя проводить перемещение садков и утилизировать отходы производства в соответствии с требованиями законодательства. На всех форелевых фермах требуется проводить экологическую экспертизу один раз в три года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Китаев, С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / С.П. Китаев. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. — 395 с.
2. Литинская, К.Д. Режим уровней воды озер и водохранилищ Карелии / К.Д. Литинская. — Л.: Наука, 1976. — 146 с.
3. Лозовик, П.А. Оценка ассимиляционной способности водоемов к фосфорной и органической нагрузке и нормирование допустимого антропогенного воздействия по кинетической и гидрохимической модели / П.А. Лозовик // Крупнейшие озера и водохранилища Европейской территории России. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. — С. 88–95.
4. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. — Т. 1. — 495 с.
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зообентос. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. — Т. 2. — 457 с.
6. Правила охраны поверхностных вод. — М.: Госкомприрода, 1991. — 34 с.
7. Сабылина, А.В. Химический состав губ Онежского озера, подверженных антропогенному загрязнению / А.В. Сабылина // Крупнейшие озера водохранилища европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. — С. 77–88.
8. Стерлигова, О.П. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках / О.П. Стерлигова, Н.В. Ильмаст, Я.А. Кучко и др. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. — 127 с.
9. Филатов, Н.Н. Онежское озеро. Экологические проблемы / Н.Н. Филатов. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. — 293 с.
10. Фрумин, Г.Т. Методы расчета допустимых фосфорных нагрузок на озера / Г.Т. Фрумин, А.В. Кулинкович, А.Ю. Горельшев // Труды Карельского научного центра РАН, 2021. — Вып. 4. — С. 163–168.
11. Хазов, А.Р. Анализ гидробиологических данных и его программная реализация / А.Р. Хазов. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. — 154 с.
12. Beveridge, M. Cage aquaculture / M. Beveridge. — London, 1996. — 346 p.
13. Galakhina, N. Current chemistry of Lake Onego and its spatial and temporal changes for the last three decades with special reference to nutrient concentrations / N. Galakhina, M. Zobkov, M. Zobkova // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100619>.
14. Vollenweider, R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in eutrophication / R.A. Vollenweider // DESD Techn. Rep. 1968. — Vol. 68. — № 27. — P. 1–182.

LIST OF SOURCES

1. Kitaev, S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtologov / S.P. Kitaev. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2007. — 395 s.
2. Litinskaya, K.D. Rezhim urovnej vody ozer i vodohranilishch Karelii / K.D. Litinskaya. — L.: Nauka, 1976. — 146 s.
3. Lozovik, P.A. Ocenka assimilyacionnoj sposobnosti vodoemov k fosfornoj i organicheskoj nagruzke i normirovanie dopustimogo antropogennogo vozdejstviya po kineticheskoj i gidrohimičeskoj modeli / P.A. Lozovik // Krupnejšie ozera i vodohranilishcha Evropejskoj territorii Rossii. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2015. — S. 88–95.
4. Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii. Zooplankton. — M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2010. — T. 1. — 495 s.
5. Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii. Zoobentos. — M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2016. — T. 2. — 457 s.
6. Pravila ohrany poverhnostnyh vod. — M.: Goskompriroda, 1991. — 34 s.
7. Sabylina, A.V. Himicheskiy sostav gub Onezhskogo ozera, podverzhennyh antropogennomu zagryazneniyu / A.V. Sabylina // Krupnejšie ozera vodohranilishcha evropejskoj territorii Rossii: sovremennoe sostoyanie i izmeneniya ekosistem pri klimatičeskih i antropogennyh vozdejstviyah. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2015. — S. 77–88.
8. Sterligova, O.P. Sostoyanie presnovodnyh vodoemov Karelii s tovarnym vyrashchivaniem raduzhnoj foreli v sadkah / O.P. Sterligova, N.V. Il'mast, Ya.A. Kuchko i dr. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2018. — 127 s.
9. Filatov, N.N. Onezhskoe ozero. Ekologičeskie problemy / N.N. Filatov. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 1999. — 293 s.
10. Frumin, G.T. Metody rasčeta dopustimyh fosfornyh nagruzok na ozera / G.T. Frumin, A.V. Kulinkovich, A.Yu. Gorelyshev // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN, 2021. — Vyp. 4. — S. 163–168.
11. Hazov, A.R. Analiz gidrobiologičeskih dannyh i ego programmnaya realizaciya / A.R. Hazov. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2000. — 154 s.
12. Beveridge, M. Cage aquaculture / M. Beveridge. — London, 1996. — 346 p.
13. Galakhina, N. Current chemistry of Lake Onego and its spatial and temporal changes for the last three decades with special reference to nutrient concentrations / N. Galakhina, M. Zobkov, M. Zobkova // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100619>.
14. Vollenweider, R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in eutrophication / R.A. Vollenweider // DESD Techn. Rep. 1968. — Vol. 68. — № 27. — P. 1–182.