

УДК 574.58:639.332

## СОСТОЯНИЕ ЗАЛИВОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПРИ ТОВАРНОМ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

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

*Институт биологии Карельского научного центра РАН  
Россия, 185910, Петрозаводск, Пушкинская, 11  
E-mail: ilmast@karelia.ru*

Поступила в редакцию 29.03.10 г.

**Состояние заливов Онежского озера при товарном выращивании радужной форели.** – Стерлигова О. П., Китаев С. П., Ильмаст Н. В., Комулайнен С. Ф., Кучко Я. А., Павловский С. А., Савосин Е. С. – Представлены результаты исследований состояния трех губ Онежского озера при товарном выращивании радужной форели. Анализ исследований показал, что по уровню количественного развития планктона и бентоса Уницкую губу можно охарактеризовать как олиготрофную, губы Святуха и Кефть – как мезотрофные. Расчет биогенной нагрузки показал, что суммарная нагрузка по фосфору и азоту в настоящее время в Уницкой губе не достигает допустимых величин, в губе Святуха приближается к ним, а в губе Кефть их превышает. Выполненные работы свидетельствуют о том, что оптимальные объемы выращивания товарной форели в Уницкой губе должны составлять 600 т, в губе Святуха – 250 – 300 т и губе Кефть – 200 т.

*Ключевые слова:* пресноводная экосистема, Онежское озеро, форелеводство, биогенная нагрузка.

**Status of Onega Lake bays affected by commercial rainbow trout cultivation.** – Sterligova O. P., Kitayev S. P., Ilmast N. V., Komulainen S. F., Kuchko Ya. A., Pavlovsky S. A., and Savosin E. S. – The results of our study of the status of three Lake Onega bays used for commercial rainbow trout rearing are presented. Our data analysis has shown that, according to the quantitative plankton and benthos development level, the Unitsa Bay can be characterized as oligotrophic, Svyatuha and Keften Bays as mesotrophic ones. Our calculations of the biogenic loading show that the modern total phosphorus and nitrogen loadings do not reach their MACs in the Unitsa Bay, in the Svyatuha Bay they come nearer to them, and in the Keften Bay they exceed them. We estimate the optimum annual volumes of trout cultivation in the Unitsa, Svyatuha, and Keften Bays as 600, 250 – 300, and 200 tons, respectively.

*Key words:* freshwater ecosystem, Lake Onega, trout cultivation, biogenic load.

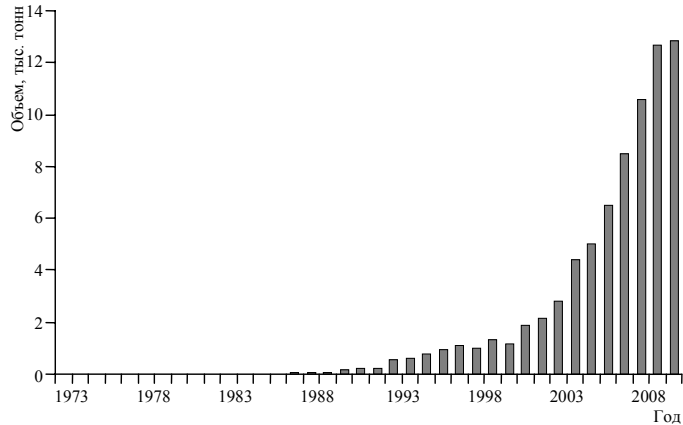
### ВВЕДЕНИЕ

Сокращение запасов и резкое падение уловов ценных видов рыб привели к интенсификации работ, направленных на разработку биотехники культивирования различных водных организмов. Одним из таких способов является садковое рыбоводство. В Республике Карелии промышленным выращиванием радужной форели *Parasalmo mykiss* (Walbaum) начали заниматься в 1980-е гг. и к настоящему времени объемы ее производства превысили 12000 т (рисунки) (Государственный доклад..., 2010).

## СОСТОЯНИЕ ЗАЛИВОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

В России Карелия является лидером по выращиванию радужной форели в садках. Успешному развитию этого направления способствуют благоприятные климатические условия региона, наличие транспортных сетей и квалифицированные кадры (Рыжков, 2008). В связи с тем, что форелевые садковые хозяйства организуются на внутренних водоёмах, необходимо тщательно определять их производственные мощности и соблюдать все требования к охране окружающей среды.

Целью исследований являлась оценка состояния трех губ Онежского озера при товарном выращивании форели и уточнение предельных объёмов ее производства.



Объёмы выращенной в садках товарной форели в Карелии

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась в 2005, 2006 и 2008 гг. (июнь, август, октябрь) на Онежском озере в губах Уницкая, Святуха и Кефтень в районе расположения садковых форелевых хозяйств. Проектная мощность хозяйств составляет соответственно 600, 400 и 300 т форели в год. Пробы отбирались на станциях непосредственно около садков и на расстоянии 300 – 500 м от них.

Химический состав воды определялся по стандартным методикам (Абакумов, 1977; Морозов, 1998). При определении качества воды мы пользовались общепринятыми руководствами (Руководство..., 1983). Уровень трофности водоёмов определялся по классификации С. П. Китаева (2007). Сбор и обработка проб водорослевых сообществ, зоопланктона, макрозообентоса и рыбного населения проводились по общепринятым методикам (Методика..., 1956; Правдин, 1966; Макрушин, 1974; Определитель..., 1977; Методические рекомендации..., 1984; Хазов, 2000; Комулайнен, 2003; Sladecsek, 1986; Kelly, Whitton, 1995). Расчеты биогенной нагрузки на водоёмы были выполнены с использованием руководства С. П. Китаева с соавторами (2006).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Онежское озеро (60°53' и 62°55' с.ш. и 34°13' и 36°28' в.д.) является самым крупным пресноводным водоёмом Карелии (площадь зеркала 9693 км<sup>2</sup>). В последние годы озеро широко используется для промышленного выращивания радужной форели в садках, где в настоящее время уже функционирует 14 форелевых хо-

зайств и проектируется еще 3. Общий объем товарной форели по озеру составил в 2008 г. 5300 т, т.е. 50% от всей выращиваемой форели в Карелии. По гидрологическим показателям исследуемые губы пригодны для товарного форелеводства (табл. 1). В настоящее время в них выращивается 1200 т радужной форели в год.

**Таблица 1**  
Основные гидрологические показатели заливов Онежского озера (Лукин и др., 2008)

Показатели	Губа Уницкая	Губа Святуха	Губа Кефтьень
Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>	166.0	36.4	8.5
Наибольшая длина, км	50.0	35.0	15.0
Наибольшая ширина, км	5.5	2.0	1.0
Средняя глубина, м	11.0	3.0	3.0
Максимальная глубина, м	33.0	15.0	25.0
Прозрачность, м	4.0	2.5	2.5
Удельный водосбор	1.67	7.70	31.20
Показатель условного водообмена	0.05	0.80	3.30

Результаты гидрохимического анализа трех губ Онежского озера приведены в табл. 2. Анализ воды показал, что содержание общего фосфора и азота характерно для олиготрофных и мезотрофных водоёмов (Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990). В целом вода в трех губах Онежского озера отвечает всем требованиям (ОСТ 15.372. 87) к ее качеству для выращивания товарной форели.

Анализ материалов по фитопланктону исследуемых заливов выявил различия в видовом составе и количественных показателях. В течение всего периода исследований в губах доминировали диатомовые водоросли. Средняя биомасса фитопланктона в Уницкой губе составляла 1.20 г/м<sup>3</sup>, что соответствует бета-олиготрофному статусу; в губе Святуха – 2.50 г/м<sup>3</sup>, в губе Кефтьень – 2.85 г/м<sup>3</sup>, что соответствует бета-мезотрофному статусу.

**Таблица 2**  
Результаты химического анализа воды в губах Онежского озера в летний период (станция 1 – 200 – 500 м от садков; станция 2 – около садков)

Онежское озеро	Губа Уницкая, 2005 г.		Губа Святуха, 2006 г.		Губа Кефтьень, 2008 г.	
	1	2	1	2	1	2
№ станций						
Цветность, град	30.0	28.0	30.0	15.0	20.0	15.0
Окисляемость пер., мгО <sub>2</sub> /л	9.6	7.7	8.5	5.5	11.3	7.2
pH	7.4	6.6	7.5	6.3	7.5	6.3
Фосфор минер., мгP/л	0.003	0.002	0.005	0.006	0.002	0.005
Фосфор общий, мгP/л	0.010	0.014	0.021	0.029	0.019	0.047
Аммонийный азот NH <sub>4</sub>	0.03	0.08	0.04	0.07	0.05	0.09
Нитритный азот NO <sub>2</sub>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Нитратный азот NO <sub>3</sub>	0.14	0.19	0.00	0.00	0.13	0.18
Общий азот, мгN/л	0.55	0.63	0.58	0.94	0.56	0.80
Азот органический	0.38	0.43	0.55	0.92	0.48	0.89
Взвешенное вещество, мг/л	0.01	0.10	0.60	3.00	1.50	4.00

Исследования фитоперифитоне были выполнены в губах Уницкой и Святухе. В фитоперифитоне губ определено 56 видов водорослей, среди которых по чис-

ленности доминировали диатомовые водоросли. Биомассу перифитона определяют нитчатые зеленые водоросли: *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp. и *Oedogonium* sp., большинство из них относится к «повсеместно распространенным» (Рундина, 1998) таксонам, типичным для олиготрофных водоёмов бореальной зоны. Однако их высокое обилие указывает на локальное повышение трофности, особенно в губе Святуха, где они плотно покрывают конструктивные элементы садков, а их многочисленные зигоспоры образуют черный налет. Колебания численности водорослей в период наблюдений на исследованных участках достигали нескольких порядков – от  $0.1 \times 10^4$  до  $5200 \times 10^4$  кл/см<sup>2</sup>, а биомасса изменялась от 0.3 до 544 г/м<sup>2</sup> субстрата, достигая максимума при доминировании нитчатых зеленых водорослей.

В заливах озера вблизи садков отмечено некоторое увеличение в составе фитоперифитона широковалентных видов. Объективным показателем эвтрофирования является также соотношение эколого-географических групп водорослей. Выявлено, что галофобно-ацидофильно-индифферентный комплекс видов обогащается алкалофильными, галофильными формами, предпочитающими повышенное содержание органических веществ. Одновременно наблюдается замещение арктоальпийских видов бореальными и космополитами. Увеличение обилия алкалофильных форм в водоёмах Карелии, как правило, связано с увеличением трофности (Комулайнен и др., 2006). Кроме того, на этих же участках в группировках прикрепленных водорослей отмечено доминирование планктонных синезеленых водорослей, часто вызывающих цветение в водоёмах Европейского Севера. Однако аналогичная динамика в структуре фитоперифитона нами наблюдалась и ранее на исследованных участках, не подвергаемых антропогенному воздействию (Komulaunen, 2002). Поэтому связывать отмеченные изменения только с влиянием оказываемым функционированием форелевых ферм затруднительно. Индексы сапробности в губах изменялись от 0.6 в Уницкой губе до 1.8 в губе Святуха по Сладечку от 2.0 до 2.8 по индексу TDI, что характерно для β-олигосапробной и β-мезосапробной зоны соответственно.

По мнению ряда авторов, видовой состав зоопланктона является одним из консервативных признаков и может сохранять относительную стабильность в условиях эвтрофирования в течение десятилетий (Андроникова, 1996). Анализ полученных нами материалов свидетельствует в пользу этой точки зрения. Общий список организмов зоопланктона, отмеченных за весь период исследований, насчитывает 40 видов: Rotatoria – 16, Cladocera – 16, Calanoida – 4 и Cyclopoida – 4 и является типичным для крупных заливов Онежского озера, отражая общие тенденции изменения планктонной фауны водоёма в последние десятилетия (Куликова, 2007). Из 40 отмеченных видов 19 являются общими для всех исследованных акваторий. К их числу относятся в основном структурообразующие виды. К числу доминирующих видов коловраток (одной из наиболее чувствительных к эвтрофированию групп зоопланктона) относятся *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Polyarthra dolichoptera*, которые являются обычными представителями северного ротаторного планктонного комплекса (Кутикова, 1970). Из индикаторов повышенной трофности в районах размещения форелевых хозяйств можно отметить

*Polyarthra luminosa*, *Brachionus angularis* и *Euchlanis dilatata*, однако численность их невелика (не более 0.5% от общей). Основу планктонного комплекса ракообразных составляют широко распространенные в больших озерах Карелии представители северной фауны (*Daphnia cristata*, *Bosmina coregoni*, *Eudiaptomus gracilis*), а также ряд эвритопных организмов, отличающихся широкой экологической валентностью (*Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Mesocyclops leuckarti*). В составе копепод Уницкой губы и губы Святуха был обнаружен холодноводный стенотермный реликтовый рачок *Limnocalanus grimaldii* var. *macrurus*, который является характерным компонентом пелагиали Онежского озера и индикатором олигосапробных условий (Смирнова, 1975). Из типичных представителей тепловодно-стенотермного комплекса нами был отмечен только один вид *Diaphanosoma brachyurum*.

Анализ количественных показателей зоопланктона показал, что основу биомассы зоопланктона на трех исследованных участках создают ветвистоусые ракообразные (табл. 3). На их долю приходится от 47% в Уницкой губе до 60% в губе Святуха. Копеподы образуют от 16% (Кефтьень губа) до 38% (Уницкая губа). Массовая доля коловраток в Уницкой губе и губе Святуха составляет 12 – 13%, возрастая до 27% в губе Кефтьень.

**Таблица 3**

Средние количественные показатели зоопланктона ( $N$  – численность, тыс. экз./м<sup>3</sup>;  $B$  – биомасса, г/м<sup>3</sup>) и макрозообентоса ( $N$  – численность, экз./м<sup>2</sup>;  $B$  – биомасса, г/м<sup>2</sup>) за вегетационный сезон

Группы	Губа Уницкая, 2005 г.		Губа Святуха, 2006 г.		Губа Кефтьень, 2008 г.	
	$N$	$B$	$N$	$B$	$N$	$B$
Зоопланктон						
Rotatoria	5.60	0.12	6.60	0.19	27.10	0.68
Cladocera	5.70	0.41	8.40	0.93	29.30	1.44
Cyclopoida	2.40	0.10	15.20	0.20	18.10	0.38
Calanoida	2.40	0.24	4.90	0.20	0.60	0.05
Nauplii	1.00	0.01	4.40	0.03	1.90	0.01
Всего	17.10	0.88	38.50	1.55	77.00	2.55
Макрозообентос						
Oligochaeta	90.00	0.27	62.00	0.04	18.00	0.07
Amphipoda	10.00	0.07	–	–	–	–
Bivalvia	13.00	0.05	2.00	0.01	–	–
Chironomidae	167.00	0.05	218.00	2.58	215.00	5.06
Другие	17.00	0.01	7.00	0.02	13.00	0.04
Всего	297.00	0.45	289.00	2.65	246.00	5.17

В целом по уровню количественного развития зоопланктона Уницкую губу можно охарактеризовать как  $\beta$ -олиготрофный участок Онежского озера со средним индексом сапробности 1.58, губы Святуха и Кефтьень как  $\alpha$ -мезотрофные с индексами сапробности 1.72 и 1.83 соответственно.

Макрозообентос служит удобным объектом для мониторинга пресноводных водоёмов, благодаря способности обитать в самых разных условиях, крупным размерам, приуроченности к конкретному местообитанию и достаточной продолжи-

тельности жизни, которая позволяет его представителям аккумулировать влияющие на водную экосистему вещества (Алимов, 2001). В макрозообентосе заливов главная роль принадлежит хирономидам и олигохетам (см. табл. 3). Фауна хирономид была представлена личинками: *Procladius Skuze*, *Ortocladius pararostratus Tanytarsus gr. gregarius* K., *Cryptochironomus gr. defectus* K. и др. На илах преобладают *Chironomus* sp., *Procladius* sp. и малощетинковые черви. Особый интерес представляют амфиподы *Monoporeia affinis* Lind., которые обнаружены на заиленных глинах и очень чувствительны к снижению содержания растворенного в воде кислорода. В Уницкой губе Онежского озера реликтовые амфиподы *M. affinis* Lind. могут служить индикатором олиготрофии. Общая биомасса макрозообентоса в районе постановки садков в Уницкой губе составила 0.5 г/м<sup>2</sup>, что соответствует по шкале трофности α-олиготрофным водным экосистемам. Губу Сятуха при биомассе бентоса 2.6 г/м<sup>2</sup> следует характеризовать как β-олиготрофную с чертами α-мезотрофии. Губа Кефтьень с биомассой бентоса 5.17 г/м<sup>2</sup> и по преобладанию среди хирономид представителей п/с *Chironominae* приобретает черты водоёма с β-мезотрофным статусом.

Ихтиофауна Онежского озера в настоящее время насчитывает 36 видов рыб, относящихся к 15 семействам (Лукин и др., 2008). В Уницкой губе отмечено 16 видов, в губе Святуха – 10, в губе Кефтьень – 8. По численности и биомассе в районе садковых комплексов доминировали карповые рыбы. Следует отметить, что поступающие биогенные элементы от форелевых хозяйств усиливают процессы эвтрофирования губ, что отрицательно влияет на воспроизводстве обитающих в заливах сиговых видов рыб (сиг, ряпушка).

При выращивании рыбы в форелевых садках основными источниками загрязнения являются корм и продукты метаболизма рыб. Как показали исследования последних лет, лимитирующими факторами загрязнения являются азот и фосфор. В связи с этим сделаны расчеты количества фосфора и азота, поступающих в исследованные водоёмы с форелевых комплексов. Анализ поступления биогенов показал, что суммарная нагрузка по фосфору и азоту в настоящее время при качественных кормах в Уницкой губе не достигает допустимых величин, в губе Святуха приближается к ним, а в губе Кефтьень их превышает (табл. 4.).

Целесообразно организовать мониторинг на водоёмах с товарным выращиванием радужной форели по ряду базовых гидрохимических параметров среды, а также по количеству и качеству используемых кормов. Все это позволит сохранить водоёмы Карелии с качеством воды, пригодным для водопользователей. Считаем целесообразным сократить производство товарной форели в губе Святуха до 250 – 300 т/г, в губе Кефтьень – до 200 т/г.

В 2010 г. были определены объёмы выращивания товарной форели, биогенная нагрузка от форелевых ферм – природная, допустимая и опасная для всего Онежского озера. Для Карельской части озера объёмы производства форели равны 9000 – 9500 т, а для всего водоёма – 12000 т. В настоящее время по данным общества форелеводов Республики Карелия на озере выращивается около 7000 т радужной форели, т.е. около 80% от общего объема.

**Таблица 4**

Объём выращивания форели, биогенная нагрузка (природная, допустимая и опасная) от форелевого хозяйства для разных губ Онежского озера

Показатели	Губа Уницкая	Губа Святуха	Губа Кефтьень
Объём выращивания форели, т/г	600	400	300
Биогенная нагрузка от форелевой фермы, г/м <sup>2</sup> г			
Фосфор	0.03	0.09	0.28
Азот	0.28	0.98	2.23
Биогенная нагрузка естественная, г/м <sup>2</sup> г			
Фосфор	0.06	0.07	0.31
Азот	2.01	2.31	9.36
Биогенная нагрузка суммарная, г/м <sup>2</sup> г			
Фосфор	0.10	0.16	0.59
Азот	2.29	3.30	11.59
Биогенная нагрузка допустимая, г/м <sup>2</sup> г			
Фосфор	0.10	0.06	0.06
Азот	1.5	0.90	0.90
Биогенная нагрузка опасная свыше, г/м <sup>2</sup> г			
Фосфор	0.20	0.09	0.09
Азот	3.0	1.8	1.8
Удельный вес (%) азота и фосфора форелевой фермы от естественной нагрузки			
Фосфор	35	53	48
Азот	12	23	19
Предлагаемые объёмы выращивания	600	250–300	200

## ВЫВОДЫ

1. Качество воды в исследуемых губах Онежского озера отвечает всем требованиям к ее составу для выращивания товарной форели.

2. По уровню количественного развития фито-зоопланктона и макрозообентоса Уницкую губу можно охарактеризовать как олиготрофную, губы Святуха и Кефтьень – как мезотрофные.

3. Суммарная нагрузка по фосфору и азоту в настоящее время для Уницкой губы Онежского озера не превышает критических величин, для губы Святуха приближается к допустимой и для губы Кефтьень их превышает. Полученные данные позволили определить оптимальные объёмы выращивания товарной форели: в Уницкой губе – 600 т, в губе Святуха – 250 – 300 т и губе Кефтьень – 200 т.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Абакумов В. А.* Контроль качества вод по гидрологическим показателям в системе гидробиологической службе СССР // Научные основы в системе контроля качества поверхностных вод / под ред. М. Б. Ивановой. Л. : Гидрометеиздат, 1977. С. 93 – 99.

*Алимов А. Ф.* Элементы теории функционирования водных экосистем / под ред. М. Б. Ивановой. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 2001. 147 с.

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

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2009 году. Петрозаводск : Карелия. 2010. 296 с.

*Китаев С. П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / под ред. Л. В. Карabanовой. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

## СОСТОЯНИЕ ЗАЛИВОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

- Китаев С. П., Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П.* Методы оценки биогенной нагрузки от форелевых ферм на водные экосистемы. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2006. 40 с.
- Комулайнен С. Ф.* Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2003. 43 с.
- Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вислянская И. Г.* Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2006. 78 с.
- Куликова Т. П.* Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера / под ред. А. А. Лукина. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2007. 223 с.
- Кутикова Л. А.* Коловратки фауны СССР (Rotatoria) / под ред. Б. Е. Быховского. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1970. 744 с.
- Лукин А. А., Ивантер Д. Э., Шарова Ю. Н., Щуров И. Л., Широков В. А., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В., Бабий А. А., Горбачев С. А., Решетников Ю. С., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Тимакова Т. М., Глибко О. Я., Гайда Р. В.* Биоресурсы Онежского озера / под ред. В. И. Кухарева, А. А. Лукина. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2008. 273 с.
- Макрушин А. В.* Биологический анализ качества вод. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. 60 с.
- Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, ч. 1. С. 279 – 382.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Л. : ГосНИОРХ, 1984. 19 с.
- Морозов А. К.* Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия / под ред. Н. Н. Филатова, Т. П. Куликовой, П. А. Лозовика. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 1998. С.161 – 162.
- Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 510 с.
- Правдин И. Ф.* Руководство по изучению рыб / под ред. П. А. Дрягина, В. В. Покровского. М. : Наука, 1966. 376 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л. : Гидрометиздат, 1983. 50 с.
- Рундина Л. А.* Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematomphyceae, Zygnematales) / под ред. К. Л. Виноградовой. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1998. 351 с.
- Рыжков Л. П.* Садковая аквакультура – программа действий // Садковое рыбоводство. Технология выращивания. Кормление рыб и сохранение их здоровья : материалы науч. конф. / под ред. Т. А. Каракан. Петрозаводск : Изд-во Петрозавод. гос. ун-та, 2008. С. 3 – 6.
- Смирнова Т. С.* Зоопланктон литоральной зоны Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера / под ред. И. И. Николаева. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. С. 145 – 159.
- Хазов А. Р.* Анализ гидробиологических данных и его программная реализация / под ред. Л. В. Кабановой. Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2000. 154 с.
- Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.* Умирающие озера. (Причины и контроль антропогенного эвтрофирования) / пер. с англ. под. ред. К. Я. Кондратьева, Н. Н. Филатова. Л. : Гидрометеиздат. 1990. 279 с.
- Kelly M. G., Whitton B. A.* The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers // J. of Applied Phycology. 1995. Vol. 7. P. 433 – 444.
- Komulainen S.* Use of periphyton for monitoring in rivers in Northwest Russia // J. of Applied Phycology. 2002. Vol. 14. P. 57 – 62.
- Sladeczek V.* Diatom as indicators of organic pollution // Acta Hydrochim. Hydrobiol. 1986. Vol. 14. P. 555 – 566.