

Научная статья

УДК 582.232/275:574.586:556.52/55(470.2)

doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.012

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ (ФИТОПЕРИФИТОН, ЗООПЛАНКТОН, ЗООБЕНТОС) РЕК КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ

Сергей Федорович Комулайнен¹, Игорь Александрович Барышев²

^{1,2}Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, Россия

¹komsf@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-5738-9489>

²i_baryshev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3534-874X>

Аннотация

В статье обобщены результаты исследований структурной организации и динамики биоты в малых реках карельского побережья Белого моря. Рассмотрены химический состав воды, гидрографические и гидрологические характеристики речных участков и структура биологических сообществ. Выполнен анализ видового состава, численности и биомассы фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса. Проанализировано влияние природных и антропогенных факторов на химический состав воды и формирование структуры гидробиоценозов. Показано, что различия в структуре сообществ водных организмов обусловлены в первую очередь специфическими гидрографическими и гидрологическими характеристиками речных участков. Доминантный комплекс представлен небольшим набором видов, устойчивых к динамической нагрузке воды. Оценен трофический статус рек, их сапробиологическое состояние и значение отдельных сообществ и биотических индексов для биоиндикации экологического состояния рек. Сделан вывод о том, что рассмотрение трех групп организмов позволяет осуществлять более полный и надежный мониторинг, чем оценка на основе одной группы.

Ключевые слова:

реки, фитоперифитон, зоопланктон, зообентос, видовой состав, обилие, экология

Финансирование:

финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Карельского научного центра Российской академии наук «Структурно-функциональная организация сообществ гидробионтов разнотипных водоемов Северо-Запада России». (FMEN-2022-0007).

Для цитирования:

Комулайнен С. Ф., Барышев И. А. Структура и динамика гидробиоценозов (фитоперифитон, зоопланктон, зообентос) рек Карельского побережья Белого моря // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2024. Т. 3, № 1. С. 104–115. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.012.

Original article

THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF HYDROBIOCENOSIS (PHYTOPERIPHYTON, ZOOPLANKTON, ZOOBENTHOS) OF THE RIVERS OF THE KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA

Sergey F. Komulaynen¹, Igor A. Baryshev²

^{1,2}Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

¹komsf@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-5738-9489>

²i_baryshev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3534-874X>

Abstract

This paper summarizes the results of the studies of biota structural organization and dynamics of small rivers of the Karelian White Sea coast. The chemical features and the structure of biological communities in the watercourses were investigated. Analysis of the species composition, abundance and biomass of phytoperiphyton, zooplankton, and zoobenthos was carried out. Variations in the structure of aquatic communities primarily are due to specific hydrographic and hydrological characteristics of river stretches. The paper discusses the main principles of the changes in a structure and functioning of hydrobiont communities in rivers. The trophic status of the rivers, their saprobiological state, and the significance of individual communities and biotic indices for bioindication of the ecological state of the rivers, are estimated. We concluded that the consideration of three groups of organisms enables a more comprehensive and reliable monitoring than the assessment based on a single group.

Keywords:

rivers, phytoperiphyton, zooplankton, zoobenthos, taxonomy, abundance, ecology

Funding:

the studies were funded from the federal budget through state assignment to KarRC: RAS Structural and functional organization of communities of aquatic organisms of different types of water bodies of the North-West of Russia. (FMEN-2022-0007).

For citation:

Komulainen S. F., Baryshev I. A. The structure and dynamics of hydrobiocenosis (phytoplankton, zooplankton, zoobenthos) of the rivers of the Karelian coast of the White Sea. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities*, 2024, Vol. 3, No. 1, pp. 104–115. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.012.

Введение

Белое море расположено на северной окраине европейской части России между 68°39' и 63°47' с. ш. и 32°05' и 44°32' в. д. По географическому положению и климатическим условиям оно принадлежит к арктическим морям, а в структурно-геоморфологическом аспекте относится к окраинным шельфовым, полузамкнутым субарктическим эпиконтинентальным водоемам. Площадь бассейна Белого моря составляет 717,7 тыс. км², что почти в 8 раз превышает площадь самого моря (90 тыс. км²), Гидрографическую сеть водосбора формируют более 2600 рек. Это является косвенным показателем большой роли речного стока, который превышает 4000 млн м³/год [6].

Изучение речных экосистем на Карельском побережье Белого моря до середины XX в. практически не велось [2; 22; 25]. Данные о структуре альгоценозов в реках отсутствовали. Первые сведения о видовом составе зоопланктона р. Ковды можно найти в работе С. В. Герда [9], а наиболее ранние материалы о зообентосе — в публикациях Н. Я. Данилевского [11; 12] и К. Ф. Кесслера [13]. Это объясняется отсутствием широкомасштабной хозяйственной деятельности местного населения, плотность которого всегда была небольшой. И сегодня на территории Карельского побережья (67100 км²) проживает всего 72 тыс. человек (чуть более 1 человека на км²), а речные экосистемы, за исключением р. Кемь, не подвергаются антропогенному воздействию [10].

Регулярные наблюдения за функционированием пресноводных экосистем начались в регионе лишь во второй половине XX в. Это было связано с созданием каскада гидроэлектростанций и разработкой Костомукшского железорудного месторождения комбината. Начиная с конца 1990-х гг., проводятся активные работы по инвентаризации пресноводных систем для оценки их состояния и в связи с планами создания на их водосборах особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Основное внимание при этом уделялось изучению озер и водохранилищ.

Цель данной работы — обобщить и систематизировать результаты многолетних исследований видового состава и динамики сообществ водных организмов в реках Карельского побережья Белого моря и дать общую характеристику современного состояния водотоков.

Материал и методика

Карельский берег Белого моря (Прибеломорская низменность) — побережье в западной части Белого моря, которое простирается от Кандалакшской губы до устья реки Кемь. Это один из наиболее неблагоприятных в климатическом отношении районов Карелии с продолжительной зимой, коротким и прохладным вегетационным сезоном. Основу его гидрографии составляют относительно небольшие водотоки длиной до 80 км, короткие протоки между озерами и ручьи длиной до 10 км. Тридцать семь рек впадают непосредственно в Белое море, остальные — это в основном притоки рек Кемь и Ковда. Только река Кемь имеет протяженность около 360 км, а верховье реки Ковды находится на территории Финляндии более чем в 250 км от устья. Значительная часть речных систем (до 50 %) может приходиться на проточные озера. Благодаря избыточному увлажнению для бассейнов рек характерно заболачивание (до 90 %) и высокая озерность частных водосборов (до 20 %). Водотоки имеют небольшие средние удельные падения (1–2 м/км для больших рек), однако существуют отдельные участки с большими сосредоточенными падениями [24].

Материалом для работы послужили пробы, собранные в 2015–2020 гг. в реках Карельского побережья [1; 3; 4; 18; 19; 23; 28; 29]. Кроме того, при анализе использовали результаты более ранних исследований авторов [7; 14–16; 21; 30]. Всего за время исследований пробы были собраны более чем в 40 водотоках (табл. 1). Детальная характеристика отдельных водотоков и их карты приводятся в работах авторов.

Таблица 1

Реки, на которых проводился отбор проб, и число исследованных водотоков

Речная система	Число водотоков		
	Фитоперифитон	Зоопланктон	Зообентос
Шуя Беломорская	1	—	—
Кемь	11	7	10
Поньгома	1	—	1
Кузема	2	1	2
Воньга	1	—	—
Ундукса	1	1	—
Лепручей	1	—	—
Моржовый	1	—	—
Хлебная	1	1	—
Кереть	2	1	2
Пулонга Карельская	1	1	1
Плавежда	1	—	—
Мельничная	1	—	—
Ковда	18	8	8
Всего	43	20	24

Пробы перифитона отбирались с макрофитов, а также с камней. Чтобы избежать потери части материала в результате смыва, субстрат вместе с перифитоном непосредственно под водой помещался в склянку или полиэтиленовый мешок, либо обрастания смывались в них, при этом исследуемый субстрат не извлекался. Прикрепленный материал с поверхности субстрата смывался водой, счищался скальпелем или зубной щеткой, а у мягких водных растений, кроме того, отжимались стебли. Пробы зоопланктона отбирали в главной струе в зоне полного перемешивания путем процеживания 100 л воды через малую планктонную сеть Апштейна (газ 76). Отбор проб макрозообентоса производили количественной рамкой площадью 0,04 м² с пороговых и дночерпателем ДАК 250 площадью 0,025 м² с плесовых участков. Пробы фиксировали 40 %-м формалином.

Для того чтобы оценить роль биотопической неоднородности, выбирали участки, отличающиеся по глубинам (0,1–0,7 м) и скоростям течения (0,1–1, м/с), расположенные на разном удалении от проточных озер и в разной мере подвергающиеся антропогенному воздействию. Крайние точки отбора проб на севере: 66°52', 32°23', устье реки Ковды; на юге — 64°01', 32°24', река Муезерка; на западе — 66°27', 30°04', река Селкайоки, на востоке — устье реки Кемь, 64°57'; 34°40'.

Одновременно с гидробиологическими пробами проводили отбор проб воды для химического анализа, который был выполнен в лаборатории гидрохимии ИВПС КарНЦ РАН.

Концентрацию тяжелых металлов в воде, грунте, нитчатых водорослях и моллюсках определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией (спектрофотометр АА-7000, Shimadzu, Япония) с использованием оборудования ЦКП «Аналитическая лаборатория» Института леса КарНЦ РАН.

Результаты и обсуждение

Высокая озерность, заболоченность, доминирование карбонатных пород, слабое антропогенное воздействие объясняют формирование маломинерализованных вод гидрокарбонатно-кальциевого типа. Для рек характерна слабокислая или нейтральная реакция (рН чаще около 7) и повышенная цветность воды (200–300°). В большинстве рек минерализация воды составляет менее 40 мг/дм³. Содержание всех форм азотистых веществ в водах исследованных рек невысоко. Нитритные ионы обычно отсутствуют. Содержание ионов NO₃ изменяется от 0,1 до 0,5 мг/дм³, NH₄⁺ не превышает 0,08 мг/дм³, а N_{орг} — 0,2–1,5 мг/дм³. Отмечено очень низкое содержание фосфатов: концентрация P_{общ} изменяется от 10 до 70 мкг/дм³, а P_{мин} — от 2 до 3 мкг/дм³.

В перифитоне зарегистрировано 307 видов водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к шести отделам. Выявленная альгофлора характеризуется значительной асимметрией на уровне отделов. Отдел *Ochrophyta*, включающий 184 вида из четырех классов, доминирует по видовому богатству. Ведущее положение в нем занимает класс *Bacillariophyceae* (178 видов), что является характерным для структуры фитоперифитона пресноводных систем Республики Карелия [8; 20; 27].

Chlorophyta представлены в фитоперифитоне 67 видами. Основу видового богатства составляет класс *Conjugatophyceae* (40 видов) благодаря разнообразию водорослей семейства *Desmidiaceae* (37 видов). Наиболее постоянны в альгоценозах перифитона нитчатые зеленые водоросли *Ulothrix zonata* (F. Weber & Mohr) Kützing, *Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst, *Oedogonium* sp., *Bulbochaete* sp., *Zygnema* sp. и *Mougeotia* sp. Их доминирование в перифитоне свидетельствует о сходстве условий формирования альгофлоры. Именно эти виды, как правило, определяют биомассу фитоперифитона в реках Карелии [26].

Встречаемость большинства из 48 выявленных видов *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) невысока. К числу распространенных в исследованных реках можно отнести лишь *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Dichothrix gypsophila* (Kützing) Bornet et Flahault и *Stigonema mamillosum* (Lyngbye) Agardh ex Bornet et Flahault 1886 [17].

Rhodophyta представлены в альгофлоре семью видами, четыре из которых (*Audouinella chalybea* (A. Roth) Bory, *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle, *Batrachospermum turfosum* Bory, *Sirodotia suecica* Kylin) входят в доминирующий комплекс, а *Batrachospermum gelatinosum* является одним из самых распространенных в перифитоне исследованных рек [20].

Структура группировок перифитона в исследованных водотоках достаточно разнообразна. 47 видов (15,0 %) доминировали по численности в пробах. Однако реально структуру фитоперифитона определяли 32 вида, доминирующих по численности, и 13 видов — по биомассе (не на отдельных участках или в пробах, а в перифитоне конкретных рек). Среди них только девять видов (*Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Eunotia pectinalis* (Kützing) Ehrenberg, *Achnanthes minutissima* Kützing, *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni, *Gomphonema truncatum* Ehrenberg, *Zygnema* sp. и *Mougeotia* sp.) имели встречаемость более 50 %.

Свойственные альгофлоре перифитона исследованных рек зонально-климатические черты проявляются на различных уровнях таксономической структуры. Кроме доминирующего положения диатомовых отмечена малая доля в альгофлоре представителей отделов *Euglenophyta* и *Dinophyta*.

В биогеографическом отношении перифитон характеризуется высоким разнообразием космополитов, на долю которых в среднем приходится 47 ± 13 % от видов, выявленных в альгофлоре отдельных водотоков, и бореальных видов (38 ± 11 %). Наблюдается также свойственное северным флорам преобладание числа родов с одним таксоном (54 вида, 18 %), что можно объяснить низкой минерализацией поверхностных вод.

На фоне стабильной таксономической структуры группировок фитоперифитона отмечены заметные изменения количественных характеристик. Колебания численности достигали нескольких порядков — от $0,1 \times 10^4$ до 1680×10^4 кл/см² (средняя $102,9 \times 10^4$ кл/см²), а биомасса изменялась от 0,01 до 36,7 мг/см² (средняя 1,8 мг/см²), достигая максимума при доминировании нитчатых зеленых водорослей.

Структуру обрастаний формируют типичные прикрепленные формы (61 ± 16 %). Высокая разбавленность поверхностных вод и заболоченность водосборов определяют индифферентный характер альгофлоры по отношению как к минерализации (63 ± 17 %), так и к pH (52 ± 11 %) при высоком разнообразии галлофитов (29 ± 17 %) и ацидофилов (30 ± 12 %). Большинство обнаруженных таксонов относится к пресноводным видам, однако в пробах, особенно отобранных в устьевых участках, встречены и морские представители диатомовых из родов *Breibissonia*, *Cyclotella* и *Grammatophora*, а также нитчатые зеленые водоросли (*Percursaria percura* (C. Agardh) Rosenvinge).

Структура зоопланктона исследованных водотоков Карельского побережья также достаточно разнообразна в систематическом отношении. Она типична для Европейского Севера и представлена видами, широко распространенными в водотоках умеренных широт. Нами определен 91 вид, из которых

коловраток — 31 (34 %), кладоцер — 41 (45 %) и копепод — 19 (21 %). Число видов в водотоках колебалось от 3 (Муезерка, Шомба, Гридина, Карманьга) до 45 (Оланга).

Набор руководящих форм, на долю которых приходится более 10 % от суммарной численности и биомассы зоопланктона в исследованных водотоках, включает, соответственно, 17 видов. Однако 6 видов доминируют только на одном, а 7 — на двух из исследованных участков.

Отмечена экологическая неоднородность речного зоопланктона, который формируется за счет как лимнофильного, так и литорального и придонного комплексов. Большинство обнаруженных видов являются эврибионтными с высокой экологической пластичностью. В состав планктофауны входят виды из различных экологических групп: озерно-пелагические (*Kellicottia longispina* (Kellicott), *Asplanchna priodonta* (Gosse), *Eudiaptomus gracilis* (Sars G. O.), *Thermocyclops oithonoides* (Sars G. O.), *Daphnia cristata* (Sars G. O.), *Bosmina coregoni* (Baird) и др.), литорально-зарослевые (*Euchlanis deflexa* (Gosse), *Acroperus harpae* (Baird), *Polyphemus pediculus* (Linnaeus), *Macrocyclus albidus* (Jurine) и др.) и эврибионты (*Daphnia longispina* (O.F. Müller), *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller), *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), *Mesocyclops leuckarti* (Claus) и др.), большинство из которых характеризуются высокой экологической пластичностью.

Количественные показатели зоопланктона рек не отличаются высокими величинами, что связано с высокими скоростями течения, отсутствием плесов, холодноводностью, слабым развитием водной растительности, наличием в воде значительного количества взвешенных частиц. Основу численности и биомассы зоопланктона составляют ветвистоусые ракообразные. Средние значения численности изменяются от 30 до 2917 тыс. экз/м³, а биомассы — от 1,8 до 121,6 мг/м³. Максимальные количественные показатели зоопланктона отмечены в наиболее крупных водотоках — Оланга, Кемь и Ковда. Здесь, как правило, на устьевых участках численность достигает 12820 тыс. экз/м³, а биомасса — 380 мг/м³.

В составе макрозообентоса рек Карельского побережья Белого моря нами выявлено 155 видов беспозвоночных, относящиеся к Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Hydracarina, Crustacea и Insecta. На фоне высокого видового богатства и таксономического разнообразия состав доминирующего комплекса достаточно стабилен и включает виды, типичные для литреофильных биотопов рек Карелии.

Структуру макрозообентоса на порогах и перекатах с каменистыми грунтами и значительными скоростями течения определяют амфибиотические насекомые. Из отряда ручейники (Trichoptera) здесь многочисленны *Hydropsyche pellucidula* (Curtis), *H. siltalai* Doehler, *Ceratopsyche newae* (Kolenati), *Cheumatopsyche lepida* (Pictet), *Neureclipsis bimaculata* (Linnaeus), *Brachycentrus subnubilus* Curtis, *Rhyacophila nubila* Zetterstedt, *Arctopsyche ladogensis* (Kolenati). Из поденок (Ephemeroptera) широко распространены *Heptagenia dalecarlica* Bengtsson, *Nigrobaetis digitatus* Bengtsson, *Baetis rhodani* (Pictet), *B. vernus* Curtis. Наиболее часто встречаемые виды из веснянок (Plecoptera) — *Taeniopteryx nebulosa* (Linnaeus) и *Leuctra fusca* (Linnaeus). Водные жуки (Coleoptera) представлены реофильными видами *E. aenea* (Müller), *Oulimnius tuberculatus* (Müller), *Limnius volckmari* (Panzer). Из представителей отряда двукрылых (Diptera) многочисленны виды, относящиеся к сем. Chironomidae (Tvetenia) (*Rheotanytarsus* sp., *Orthocladius* sp., *Eukiefferiella* sp., *Synorthocladius semivirens* Kieffer, *Procladius* sp.), Ceratopogonidae, Simuliidae (*Archesimulium polare* (Rubzov), *Simulium morsitans* Edwards, *Odagmia rotundata* Rubzov, *O. frigida* Rubzov), Limoniidae, Athericidae (*Atherix ibis* Fabricius). Из двустворчатых моллюсков (Bivalvia) распространены *Sphaerium westerlundi* Clessin in Westerlund, *Cingulipisidium nitidum* (Jenyns), *Henslowiana henslowana* (Leach in Sheppard).

На плесовых участках с невысокими скоростями течения и мягкими грунтами видовой состав менее разнообразен. Здесь нами выявлено только 46 видов, среди которых постоянны и разнообразны виды сем. Chironomidae — *Polypedilum scalaenum* (Schränk), *P. nubeculosum* (Meigen), *Microtendipes pedellus* (De Geer), *Procladius* (Holotanypus) sp. *Sergentia coracina* (Zetterstedt), *Harnischia curtilamellata* (Malloch), *Chironomus* sp., *Stictochironomus crassiforceps* (Kieffer). Из группы малощетинковых червей (Oligochaeta) наиболее распространены *Spirosperma ferox* Eisen, *Lumbriculus variegatus* (Müller) и *Tubifex tubifex* (Müller). Многочисленны двустворчатые моллюски (Bivalvia) — *Sphaerium westerlundi* Clessin in Westerlund, *Euglesa curta* (Clessin), *Hiberneuglesa normalis* (Stelfox). Также неоднократно встречены представители большекрылых (Megaloptera) *Sialis sordida* Klingstedt и *S. lutaria* (Linnaeus).

Количественные характеристики донных сообществ сходны с выявленными ранее в реках северной части Республики Карелия [1; 5]. Основу численности и биомассы (1,0–2,4 тыс. экз/м² и 1,6–9,2 г/м²) составляют ручейники, поденки и двусторчатые моллюски. На плесах средние значения численности (1,3 тыс. экз/м²) и биомассы (2,8 г/м²) несколько ниже, чем на порогах и перекатах. Максимальные значения обилия макрозообентоса наблюдаются на участках, где реки вытекают из озер и достигают 8,3 тыс. экз/м² (р. Кузема в истоке из оз. Нижнее Кумозеро) и 91,2 г/м² (р. Кенти ниже оз. Юриккаярви). Относительно высокая биомасса макрозообентоса на речных участках ниже озер является следствием выноса и увеличения плотности зоопланктона [33].

Незначительные изменения в структуре гидробиоценозов, которые можно объяснить увеличением антропогенной нагрузки, отмечены только на отдельных участках рек Кенти, Кемь и Ковда. Характерной чертой таксономического состава перифитона здесь является уменьшение обилия и встречаемости оксифильных, χ -сапробных диатомей родов *Achnanthes*, *Eunotia*, *Cymbella* и снижение роли рода *Tabellaria*. В сравнении с условно чистыми, здесь выше разнообразие широковалентных и толерантных к загрязнению видов из родов *Diatoma*, *Gomphonema*, *Nitzschia*. Отмечается также увеличение количества мезогалобных и галофильных видов. Большую роль в формировании структуры начинают играть донные формы. Отмечено также локальное зарастание водотоков нитчатыми зелеными водорослями (*Zygnema* sp., *Mougeotia* sp.), что можно объяснить увеличением освещенности в результате уничтожения прибрежной растительности [30].

Оценка состояния водотоков по зоопланктону и макрозообентосу показала, что почти все водотоки находятся в β -мезосапробной зоне, соответствующей начальной стадии органического загрязнения, и только для реки Ковда отмечено увеличение разнообразия олигосапробов. Однако и здесь индексы сапробности, рассчитанные по организмам зоопланктона и зообентоса, не превышают 1,40, что позволяет отнести воды водотоков к категории чистых.

Локальные увеличения значений индекса сапробности отмечено и в других исследованных водотоках. Однако увеличение концентрации органического вещества, обуславливающее такие результаты, может быть как антропогенного, так и природного происхождения. Известно, что для территории Республики Карелия свойственна высокая заболоченность и интенсивный сток гумусовых кислот, что оказывает влияние на значение биотических индексов [4]. По всей видимости, именно природные особенности региона обуславливают высокие значения индекса сапробности на некоторых участках.

Показателем уровня антропогенной нагрузки является также концентрация тяжелых металлов в нитчатых водорослях, доминировавших в перифитоне (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения концентрации тяжелых металлов в перифитоне (*Zygnema* sp.)

Водоток	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Fe
	мг/кг						
Гридина	0,4	11,1	14,9	34,3	9,6	6,8	695
Кемь	0,5	6,0	15,0	99,4	7,7	6,01	20540
Кенти	0,7	7,3	13,9	47,8	41,9	35,95	1234
Кепа	0,6	8,0	1,8	26,5	3,4	24,1	860
Кереть	1,2	1,5	10,7	67,2	14,7	14,10	5360
Кивийоки	0,4	2,4	3,2	60,7	21,2	54,9	5240
Ковда	0,6	5,3	11,0	112,6	5,5	1,1	3612
Кузема	0,1	7,9	5,5	60,9	2,1	0,16	7730
Куржма	0,01	3,8	6,1	62,3	10,8	13,8	5360
Лахна	0,2	3,6	7,3	31,7	7,9	9,66	7601
Оланга	1,1	5,2	7,2	78,4	39,5	15,9	1200
Поньгома	2,2	16,7	7,1	62,7	6,3	11,8	41500
Пулоньга	0,4	2,9	8,2	77,3	18,2	7,35	6600
Така	0,4	4,6	6,8	52,1	11,2	51,4	4140
Ундукса	0,8	6,0	6,9	40,7	10,1	22,9	11383

Отмечены повышенные значения концентрации цинка в реках Кемь и Ковда. Следует, однако, отметить, что значение концентраций тяжелых металлов на исследованных участках рек значительно ниже отмеченных для антропогенно измененных водных экосистем Карелии и Мурманской области [31].

В реке Кенти мы определили содержание тяжелых металлов в различных объектах на двух участках (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения концентрации тяжелых металлов в реке Кенти

Объект	Pb	Cu	Zn	K
	мг/кг			
Станция 1 (ст. 1)				
Грунт	3,3 ± 0,10	6,4 ± 0,32	74,2 ± 3,78	6090 ± 182,70
Ручейники	1,9 ± 0,09	7,3 ± 0,22	72,4 ± 2,53	5851 ± 263,30
Моллюски	0,4 ± 0,01	2,1 ± 0,09	18,9 ± 0,95	148669,84
Фитоперифитон	2,1 ± 0,11	3,2 ± 0,16	36 ± 1,69	15231 ± 456,93
Станция 2 (ст. 2)				
Грунт	0,7 ± 0,002	2,3 ± 0,004	5,3 ± 0,015	297 ± 0,089
Ручейники	0,3 ± 0,0001	4,9 ± 0,015	47,1 ± 0,108	4283 ± 12,849
Моллюски	0,3 ± 0,001	1,3 ± 0,004	9,3 ± 0,017	308 ± 0,924
Фитоперифитон	1,5 ± 0,0004	2,6 ± 0,001	45 ± 0,103	6666 ± 11,987

Примечание. Значения указаны в формате среднее ± стандартное отклонение (M ± SD).

Первый участок (ст. 1) расположен в 100 м от стока из хвостохранилища Костомукшского ГОК, второй (ст. 2) — в 10 км ниже по течению, в 100 м от впадения реки в озеро Койвас [32]. При переходе от ст. 1 к ст. 2 наблюдается снижение концентраций всех металлов во всех исследованных объектах. Это вызвано постепенным разбавлением техногенных вод АО «Карельский окатыш», поступающих из хвостохранилища комбината в систему р. Кенти. Одновременно происходит обогащение воды аллохтонным органическим веществом, поступающим с водосборной территории. Вследствие этого увеличивается цветность воды, что определяется высокой заболоченностью водосбора.

Заключение

Таксономический состав всех исследованных сообществ и набор доминирующих в них видов в исследованных водотоках Карельского побережья Белого моря типичен для речных экосистем Республики Карелии. Он определяется в первую очередь географическим положением исследованного региона. Все определенные в составе группировки виды в той или иной пропорции постоянно встречаются в реках Восточной Фенноскандии, что указывает на определяющую роль климата в формировании гидробиоценозов.

В то же время непродолжительность периода наших наблюдений не позволяет считать список видов достаточно полным. Дальнейшие более детальные исследования помогут дополнить видовой состав и выявить сезонную динамику видовой структуры, численности и биомассы сообществ водных организмов. Структура группировки связана с топографией водосборов и морфометрией водотоков, отражающими особенности рек «кольского» типа. Порожистый характер практически на всем протяжении обуславливает малое влияние размера водотока на структуру фитоперифитона и макрозообентоса, которая в целом соответствует зоне ритрали.

В большинстве исследованных нами рек «классический» речной континуум [34] нарушен из-за присутствия проточных озер. Каждый ограниченный озерами участок представляет собой самостоятельную реку, имеющую собственные исток и устье. На участках, расположенных ниже проточных озер, отмечены локальные изменения видового состава, увеличение разнообразия и плотности гидробиоценозов. Наблюдаются изменения роли экологических групп гидробионтов: например, увеличивается доля фильтраторов в зообентосе и планктонных видов в перифитоне.

Большое значение при этом имеет уровень трофности озер. Миграция озерных форм усиливает природную мозаичность, типичную для гидробиоценозов в озерно-речных системах. Это маскирует изменения, происходящие под влиянием увеличения антропогенной нагрузки, и затрудняет корректную оценку ее причин.

Наблюдаемые изменения в структуре фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса на исследованных участках рек носят природный характер. Даже в импактных зонах мы не обнаружили «катастрофических» изменений. Однако, несомненно, требуется продолжение более детального анализа режима всех параметров экосистем. Это тем более важно, поскольку результаты «фоновых» мониторинга рек, в минимальной мере подверженных антропогенному влиянию, могут быть использованы для оценки степени воздействия на другие водотоки региона. Следует при этом учитывать, что структура планктона в реке зависит от наличия проточных озер, а для бентоса и перифитона имеет значение характер подстилающих грунтов и субстрата.

Результаты проведенной работы показывают, что изучение структуры речных биоценозов наряду с детальным гидрохимическим анализом позволяют получить дополнительные данные для решения фундаментальных вопросов гидробиологии. Одновременно расширяются наши представления о биоразнообразии сообществ водных организмов и биоресурсном потенциале водотоков, накапливается материал для выявления основных подходов к оценке качества их вод.

Индикационные возможности сообществ водных организмов довольно высоки. Структура гидробиоценозов и рассчитанные индексы достаточно четко отражают трофический статус рек. Данные по отдельным экологическим группировкам гидробионтов дополняют друг друга, повышая объективность выводов. Мы считаем целесообразным включение в программу мониторинга водных экосистем анализа структуры гидробиоценозов. Это тем более актуально, поскольку определение ряда биотических показателей, наряду с традиционными абиотическими параметрами, уже предусмотрено нормативными природоохранными документами.

Список источников

1. Барышев И. А. Особенности формирования структуры макрозообентоса пороговых участков рек Карельского берега Белого моря // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 1. С. 29–36. doi:10.17076/eco36.
2. Барышев И. А. История изучения макрозообентоса рек Карелии и Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 4. С. 3–20. doi:10.17076/eco98.
3. Барышев И. А. Зообентос реки Кемь, бассейн Белого моря (состав, обилие и трофическая структура) // Труды Карельского научного центра РАН. 2018. № 10. С. 70–83. doi:10.17076/eco908.
4. Барышев И. А. Зообентос водотоков бассейна реки Ковда (состав, обилие, оценка разнообразия и сапробности) // Труды Института биологии внутренних вод РАН. 2019. № 85 (88). С. 59–68. doi:10.24411/0320-3557-2019-10005.
5. Барышев И. А., Хренников В. В. Количественная характеристика макрозообентоса порогов рек Кандакшского побережья Белого моря как основы кормовой базы для молоди лососевых рыб // Поволжский экологический журнал. 2016. № 3. С. 255–262. doi:10.18500/1684-7318-2016-3-255-262.
6. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов / под. ред. Н. Н. Филатова и А. Ю. Тержевика. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. 335 с.
7. Генкал С. И., Комулайнен С. Ф. Материалы к флоре Bacillariophyta водоемов Карелии IV. Реки Карельского побережья Белого моря // Ботанический журнал. 2008. Т. 93, № 3. С. 393–398. doi:10.7868/S0320965215020072.
8. Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М.: Научный мир, 2015. 202 с.
9. Герд С. В. Обзор гидробиологических исследований озер Карелии // Труды Карело-Финского отделения ВНИОРХ. Т. 2. Л.; Петрозаводск: Госфиниздат, 1946. С. 27–139.

10. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2021 г. / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия; под. ред.: А. Н. Громцева, О. Л. Кузнецова, А. Е. Курило, Е. Г. Полина. Петрозаводск, 2022. 263 с.
11. Данилевский Н. Я. Рыбные промыслы в Белом и Ледовитом морях // Исследование о состоянии рыболовства в России. СПб., 1862. Т. 6. 257 с.
12. Данилевский Н. Я. Описание рыболовства в северо-западных озерах // Исследование состояния рыболовства в России. СПб., 1875. Т. 9. С. 40–88.
13. Кесслер К. Ф. Описание рыб, которые встречаются в водах С.-Петербургской губернии. СПб.: Изд. Русск. энтомолог. общества, 1864. 240 с.
14. Комулайнен С. Ф. Структура и функционирование фитоперифитона в реках национального парка Паанаярви // Труды КарНЦ РАН. Серия Биология. 2003. № 3. С. 124–129.
15. Комулайнен С. Ф. Водная растительность // Скальные ландшафты Карельского побережья Белого моря: природные особенности, хозяйственное освоение, меры по сохранению. Петрозаводск: Изд. Кар НЦ РАН, 2008. С. 137–139.
16. Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек Зеленого пояса Фенноскандии // Труды Карельского научного центра РАН. 2011. № 2. С. 35–47.
17. Комулайнен С. Ф. Цуанопхита/Цуанопрокариота в перифитоне рек Восточной Фенноскандии: роль в экосистемах, опыт изучения и проблемы // Труды Кольского научного центра РАН. 2016. № 4. С. 14–23.
18. Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек междуречья Кемь и Ковды Карельского берега Белого моря // Вопросы современной альгологии. 2018. Т. 2, № 17. URL: <http://algology.ru/1296>.
19. Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон реки Ковды и ее притоков (Республика Карелия, Россия) // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 8. С. 30–43. doi:10.17076/bg963.
20. 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.
21. Круглова А. Н. Зоопланктон рек Паанаярвского национального парка // Труды Карельского НЦ РАН. 2003. № 3. С. 115–118.
22. Круглова А. Н. К истории изучения зоопланктона рек Карелии // Труды Карельского НЦ РАН. 2016. № 4. С. 21–36. doi:10.17076/eco243.
23. Круглова А. Н., Комулайнен С. Ф. Планктонная фауна рек Кемь, Ковда и их притоков (бассейн Белого моря, Республика Карелия, Россия) // Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. 2019. Вып. 7. С. 179–186. doi:10.25702/KSC.2307-5252.2019.4.74-82.
24. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометиздат, 1972. 525 с.
25. Komulaynen S. Algological studies of fluvio-lacustrine systems in the northern European part of Russia // International Journal on Algae. 2007. Vol. 9, № 2. pp. 139–149. doi:10.1615/InterJAlgae.v9.i2.40.
26. Komulaynen S. The green algae as structural element of phytoplankton communities in streams of the North-western Russia // Biology. 2008. Vol. 63, № 6. pp. 859–865. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0113-0>.
27. Komulaynen S. Diatoms of periphyton assemblages of small rivers in North-Western Russia // Studi Trent. Sci. Nat. 2009. № 84. pp. 153–160.
28. Komulaynen S. Phytoplankton of the Kem River and Its Tributaries (Republic of Karelia, Russia) // International Journal on Algae. 2019. Vol. 21, № 2. pp. 123–136. doi:10.1615.
29. Komulaynen S. Phytoplankton of Watercourses of the White Sea Basin (Murmansk Region, Republic of Karelia, Russia) // International Journal on Algae. 2020. Vol. 22, № 4. pp. 383–398. doi:10.1615/InterJAlgae.v22.i4.70.
30. Komulaynen S., Cherkryzheva T. Response of algal communities to anthropogenic changes in mineralization // Botanica lithuanica. 2013. Vol. 19, № 1. pp. 57–66. doi:10.2478/botlit-2013-0010.
31. Komulaynen S., Morozov A. Spatial and temporal variation of heavy metal levels in phytoplankton in small streams of Northwest Russia // Archiv für Hydrobiologie. 2007. Vol. 161, № (3–4). pp. 435–442.

32. Komulainen S. et al. Response of communities of aquatic organisms to the anthropogenically-driven changes in water mineralization of a small stream (the White Sea basin, Republic of Karelia, Russia) // *Ecosystem Transformation*. 2021. Vol. 4, № 1. pp. 20–34. <https://doi.org/10.23859/estr-201118>.
33. Kruglova A., Baryshev I. Elimination of limnic zooplankton in the rapid river (on the example of Lake Kedrozero and the Lijhna river of the Lake Onega basin) // *Hydrobiological journal*. 2011. Vol. 47, № 2. pp. 15–23. doi:10.1615/HydrobJ.v47.i2.20.
34. Vannote R. L., Minchall G. W., Cummins K. W. et al. The river continuum concept // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1980. Vol. 37, № 1. pp. 130–137.

References

1. Baryshev I. Osobennosti formirovaniya struktur makrozoobentosa porogovikh uchastkov rek Karelskogo berega Belogo morya [Peculiarities of macrozoobenthos structure formation in riffles of the Karelian coast of the White Sea]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2015, No. 1, pp. 29–36. (In Russ.).
2. Baryshev I. Istoriya izucheniya makrozoobentosa rek Karelii i Murmanskoy oblasti [History of the study of macrozoobenthos in rivers of Karelia and Murmansk region]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2016, No. 4, pp. 3–20. (In Russ.).
3. Baryshev I. Zoobentos reki Kemj, bassejny Belogo morya (sostav, obilie i troficheskaya struktura) [Zoobenthos of the kem' river, White Sea drainage basin (composition, abundance and trophic structure)]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2018, No. 10, pp. 70–83. (In Russ.).
4. Baryshev I. Zoobentos vodotokov bassejna reki Kovda (sostav, obilie, ocenka raznoobraziya i saprobnosti) [Zoobenthos of watercourses of the Kovda river basin (composition, abundance, diversity and saprobity)]. *Trudih Instituta biologii vnutrennikh vod RAN* [Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS], 2019, No. 85 (88), pp. 59–68. (In Russ.).
5. Baryshev I. A., Khrennikov V. V. Kolichestvennaya kharakteristika makrozoobentosa porogov rek Kandalakshskogo poberezhya Belogo morya kak osnovnih kormovoy bazih dlya molodi lososevikh rihb [Quantitative characteristics of macrozoobenthos in the rivers of the Kandalaksha coast of the White Sea as a forage base for juvenile salmonids]. *Povolzhskiy ehkologicheskij zhurnal* [Povolzhskiy journal of ecology], 2016, No. 3, pp. 255–262. (In Russ.).
6. *Beloe more i ego vodosbor pod vliyaniem klimaticheskikh i antropogennikh faktorov* [The White Sea and their watershed under influences climate and anthropogenic impact]. Petrozavodsk, Publ. Kar RC RAN, 2007, 335 p. (In Russ.).
7. Danilevskiy N. Ya. Rihbnihe promishli v Belom i Ledovitom moryakh [Fisheries in the White and Arctic Seas]. *Issledovanie o sostoyanii rihbolovstva v Rossii* [Study on the state of fishing in Russia], 1862, V. 6, 257 p. (In Russ.).
8. Danilevskiy N. Ya. Opisanie rihbolovstva v severo-zapadnykh ozerakh [Description of fishing in the north-western lakes]. *Issledovanie sostoyaniya rihbolovstva v Rossii* [Study on the state of fishing in Russia], 1875, V. 9, pp. 40–88. (In Russ.).
9. Genkal S. I., Chekrizhcheva T. A., Komulainen S. F. *Diatomovihe vodorosli vodoemov i vodotokov Karelii* [Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia]. Moscow, Nauch. mir, 2015, 202 p. (In Russ.).
10. Genkal S. I., Komulainen S. F. Materiali k flore Bacillariophyta vodoemov Karelii. IV. Reki Karelskogo poberezhya Belogo morya [Materials to the flora of Bacillariophyta of the Karelian waterbodies. IV. Rivers of the Karelian white sea coast]. *Botanicheskij zhurn.* [Botanical Journal], 2008, V. 93, No. 3, pp. 393–398. (In Russ.).
11. Gerd S. V. Obzor gidrobiologicheskikh issledovaniy ozer Karelii [Review of hydrobiological studies of the lakes of Karelia]. *Trudih Karelo-Finskogo otdeleniya VNIORKh* [Proceedings of the Karelian-Finnish Branch of VNIORH], 1946, Vol. 2, pp. 27–139. (In Russ.).

12. *Gosudarstvenniy doklad o sostoyanii okruzhayutheyj sredih Respubliki Kareliya v 2021 g.* [State Report on the State of the Environment of the Republic of Karelia in 2021]. Petrozavodsk, 2022, 263 p. (In Russ.).
13. Kessler K. F. *Opisanie rihb, kotorihe vstrechayutsya v vodakh S.-Peterburgskoyj gubernii* [Description of fish that are found in the waters of the St. Petersburg province]. Saint Petersburg, House of the Russian Entomological Society, 1864, 240 p. (In Russ.).
14. Komulaynen S. Struktura i funkcionirovanie fitoperifitona v rekakh nacionaljnogo parka Paanajarvi. [Structure and function of phytoperiphyton in rivers of Paanajarvi national park]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2003, No. 3, pp. 124–129. (In Russ.).
15. Komulaynen S. Algological studies of fluvio-lacustrine systems in the northern European part of Russia // *International Journal on Algae*, 2007, Vol. 9, no. 2, pp. 139–149. DOI:10.1615/InterJAlgae.v9.i2.40.
16. Komulaynen S. The green algae as structural element of phytoperiphyton communities in streams of the North-western Russia. *Biology*, 2008, Vol. 63, no. 6, pp. 859–865. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0113-0>.
17. Komulaynen S. *Vodnaya rastitel'nostj. Skalnihe landshaftih Karelskogo poberezh'ya Belogo morya: prirodnihe osobennosti, khozyajstvennoe osvoenie, merih po sokhraneniyu* [Aquatic vegetation Rupestrian landscapes of the White Sea Karelian Coast: natural characteristics, economic utilization, conservation]. Petrozavodsk, Publ. Kar RC RAS, 2008, pp. 137–139. (In Russ.).
18. Komulaynen S. Diatoms of periphyton assemblages of small rivers in North-Western Russia. *Studi Trentini di scienze naturali*, 2009, no. 84, pp. 153–160.
19. Komulaynen S. Fitoperifiton rek Zelenogo poyasa Fennoskandii [Phytoperiphyton in rivers of the green belt of Fennoscandia]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2011, No 2, pp. 35–47. (In Russ.).
20. Komulaynen S. Cyanophyta/Cyanoprokaryota v perifitone rek Vostochnoyj Fennoskandii: rolj v ehkosistemakh, opiht izucheniya i problemih [Cyanophyta/Cyanoprokaryota in periphyton in rivers of eastern Fennoscandia: role in ecosystems, research experience and problems]. *Prikladnaya ehkologiya* [Applied Ecology of the North], 2016, No. 4, pp. 14–23. (In Russ.).
21. Komulaynen S. Fitoperifiton rek mezhdurech'ya Kemi i Kovdih Karelskogo berega Belogo morya [Phytoperiphyton in rivers in the interfluvium of the Kem and Kovda of Karelian coast of the White Sea]. *Voprosih sovremennoj algologii* [Issues of Modern Algology], 2018, V. 2, No 17. (In Russ.).
22. Komulaynen S. Phytoperiphyton of the Kem River and Its Tributaries (Republic of Karelia, Russia). *International Journal on Algae*, 2019, Vol. 21, no. 2, pp. 123–136. doi:10.1615.
23. Komulaynen S. Fitoperifiton reki Kovdih i ee pritokov (Respublika Kareliya, Rossiya) [Phytoperiphyton of the Kovda river and its tributaries]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2019, No. 8, pp. 30–43. (In Russ.).
24. Komulaynen S. Phytoperiphyton of Watercourses of the White Sea Basin (Murmansk Region, Republic of Karelia, Russia). *International Journal on Algae*, 2020, Vol. 22, no. 4, pp. 383–398. doi:10.1615/InterJAlgae.v22.i4.70.
25. Komulaynen S., Chekrihzheva T., Vislyanskaya I. *Algoflora ozer i rek Karelii. Taksonomicheskiy sostav i ehkologiya* [Algoflora of lakes and rivers of Karelia. Taxonomic composition and ecology]. Petrozavodsk, Kar RC RAS Publishing House, 2006, 78 p. (In Russ.).
26. Komulaynen S., Morozov A. Spatial and temporal variation of heavy metal levels in phytoperiphyton in small streams of Northwest Russia. *Archiv für Hydrobiologie*, 2007, Vol. 161, no. (3–4), pp. 435–442.
27. Komulaynen S., Chekryzheva T. Response of algal communities to anthropogenic changes in mineralization. *Bot. Lith.*, 2013, Vol. 19, no. 1, pp. 57–66. doi:10.2478/botlit-2013-0010.
28. Komulaynen S., Baryshev I., Kruglova A., Slastina J., Ryzhakov A., Nikerova K. Response of communities of aquatic organisms to the anthropogenically-driven changes in water mineralization of a small stream (the White Sea basin, Republic of Karelia, Russia). *Ecosystem Transformation*, 2021, Vol. 4, no. 1, pp. 20–34. <https://doi.org/10.23859/estr-201118>.

29. Kruglova A. Zooplankton rek Paanayarvskogo nacional'nogo parka [Zooplankton in rivers of Paanajarvi national park]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2003, No. 3, pp. 115–118. (In Russ.).
30. Kruglova A. K istorii izucheniya zooplanktona rek Karelii [On the history of zooplankton studies in rivers of Karelia]. *Trudih Karelskogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of Kar RC RAS], 2016, No. 4, pp. 21–36. (In Russ.).
31. Kruglova A., Baryshev I. Elimination of limnic zooplankton in the rapid river (on the example of Lake Kedrozero and the Lizhma river of the Lake Onega basin). *Hydrobiological journal*, 2011, Vol. 47, no. 2, pp. 15–23. doi:10.1615.HydrobJ.v47.i2.20.
32. Kruglova A., Komulainen S. Planktonnaya fauna rek Kemj, Kovda i ikh pritokov (basseyjn Belogo morya, respublika Kareliya, Rossiya) [Planktonic fauna of the Kem', Kovda rivers and their tributaries (the White Sea basin, Republic of Karelia, Russia)]. *Prikladnaya ehkologiya Severa* [Applied Ecology of the North], 2019, issue 7, pp. 179–186. (In Russ.).
33. *Resursih poverkhnostnykh vod SSSR, Kareliya i Severo-Zapad* [Surface water resources of the USSR. Karelia and North-West]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1972, 527 p. (In Russ.).
34. Vannote R. L., Minchall G. W., Cummins K. W. et al. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1980, Vol. 37, no. 1, pp. 130–137.

Информация об авторах

С. Ф. Комулайнен — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник;

И. А. Барышев — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

S. F. Komulainen — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher;

I. A. Baryshev — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 05.12.2023; принята к публикации 05.12.2023.
The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 05.12.2023; accepted for publication 05.12.2023.