

## Современное состояние рек бассейна озера Сегозеро (Сегозерское водохранилище, Республика Карелия)

Комулайнен С. Ф.<sup>1</sup>, Барышев И. А.<sup>1</sup>, Круглова А. Н.<sup>1</sup>,  
Галахина Н. Е.<sup>2</sup>, Никерова К. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии Карельского научного центра РАН

<sup>2</sup> Институт водных проблем севера Карельского научного центра РАН

<sup>3</sup> Институт леса Карельского научного центра РАН

*komsf@mail.ru; i\_baryshev@mail.ru; biology@krc.karelia.ru; kulakovanata@mail.ru; knikerova@yandex.ru*

Рассмотрены химический состав воды, гидрографические и гидрологические характеристики речных участков и структура биологических сообществ в трех реках бассейна озера Сегозеро. 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. В статье обсуждаются основные принципы изменения структуры и функционирования гидробиоценозов. 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. Мы пришли к выводу о том, что рассмотрение трех групп организмов позволяет осуществлять более полный и надежный мониторинг, чем оценка на основе одной группы. Численность и биомасса фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса позволяют судить о достаточно высокой степени их развития, о жизненной активности и устойчивости. Структура гидробиоценозов сформирована видами, заметно различающимися по размеру – от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Поэтому списки видов, доминирующих по численности и биомассе, заметно различаются.

*Ключевые слова:* гидробиоценоз, фитоперифитон, зоопланктон, зообентос, видовой состав, химический состав воды, озеро Сегозеро, Карелия.

### ВВЕДЕНИЕ

Территория республики Карелия обладает густой, хорошо развитой гидрографической сетью, включающей более 61 тысяч озер (Озера Карелии, 2013). Современное использование водоемов сопровождается их преобразованием, при этом часто происходило увеличение площади озер в результате образования водохранилищ. В настоящее время на территории республики насчитывается более 20 крупных водохранилищ площадью от 14 до 1250 км<sup>2</sup> (Разуваева, Потахин, 2010), без учета Верхнесвицкого (Онежского).

Функционирование водохранилищ, как и других водоемов определяется ландшафтом водосборной территории и уровнем антропогенной нагрузки на нее. Поэтому оценить состояние водохранилищ можно, исследуя химический состав и структуру гидробиоценозов водотоков, дренирующих территорию водосбора.

Озеро Сегозеро находится в Сегежском и Медвежьегорском районах Республики Карелия. В 1957 году в результате строительства плотины на реке Сегежа озеро превратилось в водохранилище, став одним из крупнейших водоемов (815 км<sup>2</sup>) не только Карелии, но восточной Финноскандии в целом.

Плотность населения в регионе невысока. Сегодня здесь в бассейне озера Сегозеро (7480 км<sup>2</sup>) проживает менее 1300 человек, то есть <0,1 чел./км<sup>2</sup>. Ранее на озере было развито судоходство, пассажирские пароходы ходили вплоть до конца 50-х годов. До 80-х годов работали буксиры, которые занимались сплавом леса и рыболовецкие корабли. Сегодня экономическая деятельность практически прекращена, однако есть промысловый вылов рыбы, работает форелеводческое хозяйство, производящие более 6500 тонн форели в год.

В Сегозеро впадает много ручьев и река. Приток с водосбора составляет 2,094 км<sup>3</sup>. Вытекает река Сегежа. Водоем достаточно холодный, летом температура воды на поверхности редко превышает 16–17 °С.

Цель данной работы – оценить современное состояние водотоков бассейна озера Сегозеро по химическим показателям и структуре гидробиоценозов, выявить закономерности их формирования и таким образом получить фоновые данные для последующего их использования при организации мониторинга.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор проб проводили с 30 июля по 3 августа 2020 года, фитоперифитона и зообентоса в реках Лужма, Гормозерка и Сегежа, а зоопланктона в Гормозерке и Сегеже.

Лужма (Селецкая) – берёт начало из восточной части Селецкого озера. Впадает в Сегозеро (63°16'59" с. ш. 33°22'55" в. д.). Длина реки 20 км, площадь бассейна 3700 км<sup>2</sup>. Длина реки составляет 20 км, площадь водосборного бассейна 3700 км<sup>2</sup>. Среднеголетний расход воды 38,55 м<sup>3</sup>/с. Верховьем реки Лужма можно считать реку Поруста, впадающую в озеро Селецкое (63°07'56" с. ш. 33°11'10" в. д.). До 1990-х годов по Лужме проводился молевой сплав леса, русло реки загрязнено последствиями лесосплава, санитарная очистка русла реки не производилась.

Гормозерка, в среднем течении Пюльва – берёт своё начало из озера Пюльвясьярви, протекает через Гормозеро. Ниже которого меняет своё название на Гормозерку, на этом небольшом участке значительный перепад (25 м) высот, много порогов. Впадает в Сегозеро в районе Кюльмесгубы: 63°10'56" с. ш. 33°25'57" в. д. Длина реки – 17 км, площадь водосборного бассейна – 138 км<sup>2</sup>.

Сегежа – вытекает из озера Сегозеро (63°24'32" с. ш. 33°59'36" в. д.), впадает в Выгозеро у города Сегежи (63°43'48" с. ш. 34°18'57" в. д.). Судосходна в нижнем течении. Длина реки – 59 км, площадь водосборного бассейна – 9140 км<sup>2</sup>. Среднегодовой расход воды в районе посёлка Попов Порог составляет 73,7 м<sup>3</sup>/с.

Бассейны исследованных рек расположены в зоне лесов умеренного климатического пояса. Подстилающие породы представлены гранитами, гнейсами и кварцитами. Основные гидрологические характеристики рек и морфометрия их водосборов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика рек бассейна озера Сегозеро (Ресурсы..., 1972)

Река	L, км	Падение, м/км	S, км <sup>2</sup>	SL, %	SWL, %	Расход воды, м <sup>3</sup> /сек
Гормозерка	17,1	2,20	138	23,0	15	1,2
Лужма	20,0	0,76	3780	9,9	19	36,8
Сегежа	59,0	0,52	9140	19	9	73,7

Примечание к таблице. L – длина реки, S – площадь водосбора, SL – озерность, SWL – заболоченность.

Камеральная обработка и анализ качественного состава и количественного развития, отдельных видов проводились по отработанным авторами методам (Комулайнен и др., 1989; Комулайнен, 2003). Выделялись виды, доминирующие по численности (N) и биомассе (B). Для оценки качества воды рек по составу индикаторных видов рассчитывался индекс Пантле и Бук в модификации Сладечека.

Одновременно отбирались пробы для химического анализа воды. Химические анализы были выполнены в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН по соответствующим методикам (Аналитические..., 2017). Химический анализ проб воды включал определение ее ионного состава (содержания главных ионов), величины рН и электропроводности, концентрации биогенных элементов (БЭ) (P<sub>мин</sub>, P<sub>общ</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N<sub>общ</sub>), Fe<sub>общ</sub> и Mn, а также косвенных показателей органического вещества (ОВ), цветность

(ЦВ), перманганатная окисляемость (ПО), химическое потребление кислорода (ХПК). Гумусность (Hum) была рассчитана по формуле (Лозовик, 2006):  $Hum = \sqrt{ЦВ \cdot ПО}$ . Этот показатель позволяет оценить количество аллохтонного ОВ, поступающего с водосборной территории.

Содержание тяжелых металлов в нитчатых водорослях определяли в реках Гарбозерка и Сегежа. Для выполнения химического анализа образцы были измельчены и минерализованы в микроволновой системе разложения (Berghof Speedwave MWS four digestion system, Германия) смесью азотной и соляной кислот осч (Вектон, Россия). Содержание металлов определяли атомно-абсорбционным методом с пламенной (Zn) и электротермической атомизацией (Cu, Pb) (AA-7000 и AA-6800 Shimadzu, Япония). В качестве калибровочных стандартов использовали сертифицированные многоэлементные растворы (Inorganic Ventures). Содержание металлов представлено в мг на кг абсолютно сухого материала. Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начиная исследования мы предполагали, что химический состав вод и структура сообществ водных организмов в реках впадающих в Сегозеро (Гарбозерка, Лужма) находятся в естественном состоянии, а в истоке из Сегозера (река Сегежа) мы будем наблюдать изменения, связанные с увеличением антропогенной нагрузки.

Все рассмотренные водотоки являются слабоминерализованными ( $\Sigma_{\text{ион}}=11,6-22,0$  мг/л), гидрокарбонатного типа группы кальция (классификация Алекина) (табл. 2). Величина pH воды варьирует от 6,4 до 6,8, в соответствии с которой ее можно охарактеризовать как слабокислая.

Таблица 2

Ионный состав воды рек бассейна озера Сегозеро

Река	$\Sigma_{\text{ион}}$ , мг/л	$\Sigma_{\text{кат}}$ , ммоль·экв/л	pH	%-экв.	Классификация по Алекину
Гарбозерка	22,0	0,32	6,6	$Ca^{2+}(52)Mg^{2+}(34)Na^{+}(11)K^{+}(2)$ $HCO_3^{-}(74)A_{\text{орг}}(13)SO_4^{2-}(8)Cl^{-}(5)$	HCO <sub>3</sub> , Ca
Лужма	17,1	0,27	6,6	$Ca^{2+}(50)Mg^{2+}(28)Na^{+}(18)K^{+}(4)$ $HCO_3^{-}(60)A_{\text{орг}}(22)SO_4^{2-}(10)Cl^{-}(7)$	HCO <sub>3</sub> , Ca
Сегежа	18,2	0,26	6,8	$Ca^{2+}(46)Mg^{2+}(29)Na^{+}(18)K^{+}(5)$ $HCO_3^{-}(66)SO_4^{2-}(16)Cl^{-}(9)A_{\text{орг}}(8)$	HCO <sub>3</sub> , Ca

В распределении азотной группы во всех объектах доминирует  $N_{\text{орг}}$  (табл. 3), что является характерным для поверхностных вод Карелии (Лозовик, 2006). Концентрация  $P_{\text{общ}}$  изменяется в пределах от 12 до 31 мкг/л.

Таблица 3

Распределение биогенных элементов в воде рек бассейна озера Сегозеро

Река	Азотная группа, мгN/л	$P_{\text{мин}}$	$P_{\text{общ}}$
		мкгP/л	
Гарбозерка	$N_{\text{орг}}0,25NH_40,04NO_30,01NO_20,001$	<1	13
Лужма	$N_{\text{орг}}0,22NO_30,02NH_40,02NO_2<0,001$	6	21
Сегежа	$N_{\text{орг}}0,33NH_40,04NO_30,03NO_20,001$	<1	12

По косвенным показателям содержания органического вещества выделяется река Сегежа, в воде которой наблюдаются минимальные величины цветности, перманганатной окисляемости и химического потребления кислорода (табл. 4). В остальных реках содержание

ОВ по косвенным показателям близкое. Расчетное значение гумусности воды в реках Гарбозерка и Лужма составляет 31–33 ед., что соответствует мезогумусному классу вод, тогда как в реке Сегежа всего лишь 13 ед., то есть ее вода является низкогумусной.

Таблица 4

Косвенные показатели содержания органического вещества в воде рек озера Сегозеро

Река	ЦВ, град. Pt-Co шкалы	ПО	ХПК	Hum
		мгО/л		
Гарбозерка	80	12,1	34,6	31
Лужма	82	13,5	32,6	33
Сегежа	31	5,8	13,1	13

Примечание к таблице. ЦВ – цветность, ПО – перманганатная окисляемость, ХПК химическое потребление кислорода, Hum – гумусность.

Содержание Fe<sub>общ</sub> в исследованных водотоках изменяется в пределах 0,14–0,82 мг/л, Mn обнаружен в реках Гарбозерка (0,10 мг/л) и Лужма (0,01 мг/л). Наблюдается превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов по железу (0,1 мг/л) (Нормативы..., 2016) во всех объектах, а по марганцу (0,01 мг/л) только в реке Гарбозерка, что является геохимической особенностью вод региона, а не показателем их загрязнения (Лозовик, 2006).

Показателем уровня антропогенной нагрузки является также концентрация тяжелых металлов в различных средах. Концентрации тяжелых металлов в перифитоне (*Zygnema* sp.) реки Гарбозерка оказалась выше отмеченной в реке Сегеже (табл. 5).

Таблица 5

Средние значения концентрации тяжелых металлов в перифитоне рек бассейна озера Сегозеро

Фитоперифитон ( <i>Zygnema</i> sp.)	Zn	Cu	Pb
	СР±ОС мг/кг		
Гарбозерка	414,8±52,3	8,6±2,1	10,0±1,4
Сегежа	53,2±12,7	7,6±1,6	14,8±1,6

Следует однако отметить, что значение концентраций тяжелых металлов на исследованных участках значительно ниже отмеченных для антропогенноизмененных водных экосистем Карелии и Мурманской области (Komulaunen, Morigov, 2007, 2010).

Видовой состав гидробиоценозов исследованных рек типичен для холодноводных, олиготрофных рек бореальной и субарктической зон с низкой минерализацией, не испытывающих значительной антропогенной нагрузки (Разнообразие биоты Карелии. 2003). Их особенность – высокая стабильность структуры доминирующего комплекса, таксономическая однородность группировок организмов, отсутствие массового развития видов-индикаторов загрязнения и евтрофирования.

В фитоперифитоне исследованных рек определено 50 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 31 родам и 5 порядкам: Cyanophyta – 6 (12,0 %), Chrysophyta – 1 (2,0), Bacillariophyta – 29 (58,0), Chlorophyta – 13 (26,0), Rhodophyta – 1 (2,0 %) (табл. 6).

Однако реально структуру фитоперифитона определяют 8 видов (табл. 7), доминирующих в отдельных водотоках. Группировки фитоперифитона сформированы видами, широко распространенными в альгофлоре олиготрофных рек Карелии (Комулайнен, 2004а) и доминирующими в ранее исследованных притоках Белого моря (Komulainen, 2019; Комулайнен, 2020).

Таблица 6

Список таксонов, выявленных в фитоперифитоне в реках бассейна озера Сегозеро

Таксоны	Гарбозерка	Лужма	Сегежа
1	2	3	4
Cyanophyta			
<i>Anabaena</i> sp.	-	+	-
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs 1886	-	+	+
<i>Calothrix kossinskaja</i> Poljanskij 1927	-	+	-
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont 1892	-	-	N
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis 1988	N	+	-
<i>Tolypothrix tenuis</i> Kützing 1887	-	+	+
Chrysophyta			
<i>Dinobryon divergens</i> O.E. Imhof 1887	-	+	-
Bacillariophyta			
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing 1833	+	+	-
<i>Asterionella formosa</i> Hassall 1850	+	+	-
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen 1979	+	+	-
<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann 1900	-	+	-
<i>Cymbella cessatii</i> (Rabenhorst) Grunow 1881	-	+	-
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh 1830	+	-	-
<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg 1843) Kützing 1844	+	-	-
<i>Cymbella silesiaca</i> Blesch in Rabenhorst 1864	+	-	-
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson 1838	-	+	-
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Ehrenberg 1864	N	N	-
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg 1843	-	+	-
<i>Eunotia sudetica</i> O. Müller 1898	-	+	-
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve 1898	-	-	+
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres 1925	-	-	N
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot 1980	+	+	+
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni 1891	+	+	-
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg 1832	+	-	-
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg 1832	+	-	+
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing 1849	+	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	-	+	-
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing 1844	-	+	-
<i>Navicula gottlandica</i> Grunow 1880	-	+	-
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot 1980	-	+	-
<i>Navicula tuscula</i> Ehrenberg 1841	+	-	-
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg 1843	-	+	-
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson 1835	-	+	-
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg 1841	-	-	-
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing 1844	-	-	+
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing 1844	NB	NB	NB
Chlorophyta			
<i>Chaetophora elegans</i> (Roth) C. Agardh 1812	-	+	-
<i>Cosmarium impressulum</i> Elfving 1881	-	+	-
<i>Cosmarium meneghinii</i> Brébisson ex Ralfs 1848	-	+	-

Таблица 6 (продолжение)

1	2	3	4
<i>Cosmarium orbiculatum</i> Ralfs ex Ralfs 1848	-	-	-
<i>Cosmarium ornatum</i> Ralfs ex Ralfs 1848	-	+	-
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson 1856	-	-	-
<i>Cosmarium turpinii</i> Brébisson 1856	-	+	-
<i>Microspora amoena</i> (Kützing) Rabenhorst 1868	NB	-	-
<i>Spirogyra</i> sp.	+	-	-
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly 1974	+	+	+
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs 1848	-	+	-
<i>Stigeoclonium tenue</i> (C. Agardh) Kützing 1843	-	+	-
<i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber & Mohr) Kützing 1843	-	-	NB
Rhodophyta			
<i>Batrachospermum gelatinosum</i> (Linnaeus) De Candolle 1841	B	NB	-

Примечание к таблице. N – виды, доминирующие по численности; B – виды, доминирующие по биомассе.

Таблица 7

Основные показатели фитоперифитона в реках бассейна озера Сегозеро

Река	n	Численность		Биомасса	
		тыс., кл. /см <sup>2</sup>	Виды, доминирующие по численности	мкг/см <sup>2</sup>	Виды, доминирующие по биомассе
Гарбозерка	19	0,1–421,1	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Eunotia pectinalis</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Microspora amoena</i>	0,01–15,2	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Microspora amoena</i> <i>Batrachospermum gelatinosum</i>
Лужма	33	0,2–234,2	<i>Eunotia pectinalis</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Batrachospermum gelatinosum</i>	0,01–5,7	<i>Tabellaria flocculosa</i>
Сегежа	11	0,2–348,0	<i>Oscillatoria limosa</i> <i>Fragilaria capucina</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Ulothrix zonata</i>	0,01–6,8	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Ulothrix zonata</i>

Примечание к таблице. n – число видов.

Большое влияние на формирование таксономического состава фитоперифитона в реках Гарбозерка и Лужма оказывает высокая заболоченность водосборов рек. Этим объясняется обилие ацидофильных форм (N%=52,3 и 55,4), характерных для альгофлоры болот (Штина и др., 1981). В альгоценозах обрастаний они представлены диатомовыми водорослями родов *Eunotia* и зелеными порядка *Desmidiaceae*. В то время как в реке Сегежа отмечено высокая численность алкалифилов (N%=47,2) и галофилов (N%=26,3), что в водотоках восточной Фенноскандии как правило связано с увеличением антропогенной нагрузки (Комулайнен, 2004б).

Среди 25 выявленных видов-индикаторов сапробности в обрастания наиболее разнообразны β-мезосапробы, а так как они и α-сапробы наиболее разнообразны среди доминирующих видов не удивительно что индекс сапробности изменяется от 1,2 до 1,4, что соответствует олигосапробной зоне.

В зоопланктоне реки Гарбозерка определено пять, а Сегежи 11 видов (табл. 8). Большинство из определенных видов являются эврибионтами, и в разных пропорциях были встречены в планктоне ранее исследованных притоков Белого моря (Комулайнен, Круглова,

2019). Некоторые виды (*Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*, *Mesocyclops leuckarti*) обычны для болотных вод.

Таблица 8

Видовой состав зоопланктона в реках Гормозерка и Сегежа

Таксоны	Гарбозерка	Сегежа
Rotifera		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	-	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1979)	-	+
<i>Euchlanis</i> sp.	+	-
Cladocera		
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach, 1855	-	+
<i>Ceriodaphnia</i> cf. <i>dubia</i> Richard, 1894	-	+
<i>Daphnia</i> ( <i>Daphnia</i> ) <i>crustata</i> Sars, 1862	-	N
<i>Bosmina</i> ( <i>Eubosmina</i> ) cf. <i>coregoni</i> Baird, 1857	-	B
<i>Bosmina</i> ( <i>Eubosmina</i> ) cf. <i>gibbera</i> Schoedler, 1863	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	N	+
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	NB	-
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	+	-
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	NB	-
Copepoda		
<i>Eurytemora lacustris</i> Poppe, 1887)	-	N
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	-	NB
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	-	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	-	+

Примечание к таблице. N – виды, доминирующие по численности; B – виды, доминирующие по биомассе.

Количественные показатели планктонной фауны в реке Гарбозерка довольно низки (табл. 8). Основу численности (81,8 %) и биомассы (98,4 %) зоопланктона составляют клadoцеры. Олиго-бетта – мезосапробы составляют 75 % от всего количества видов. В зоопланктоне реки Сегежа среди 11 определенных видов две коловратки, 5 клadoцеров и 4 копеподы (табл. 8). Численность и биомасса здесь значительно выше за счет планктостока из Сегозера. По численности (82,7 %) и по биомассе (62,3 %) в зоопланктоне преобладают ракообразные (табл. 9). Около 90 % от общего количества видов зоопланктона составляют о- и о-β-мезосапробы.

Таблица 9

Основные показатели зоопланктона в реках Гормозерка и Сегежа

Река	n	Численность		Биомасса	
		экз./м <sup>3</sup>	Доминирующие по численности виды	мг/м <sup>3</sup>	Доминирующие по биомассе виды
Гарбозерка	5	110	<i>Acroperus harpae</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Disparalona rostrata</i>	3,84	<i>Acroperus harpae</i> , <i>Disparalona rostrata</i>
Сегежа	11	750	<i>Daphnia crustata</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i> , <i>Eurytemora lacustris</i>	53,16	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i> , <i>Bosmina coregoni</i>

Примечание к таблице. n – число видов.

В составе макрозообентоса выявлено 79 видов и надвидовых таксонов, от 20 до 42 на станции. Большая часть таксономического состава (63 вида и таксона, 80 %) сформирована насекомыми (табл. 10).

Таблица 10

Таксономический состав макрозообентоса в реках бассейна озера Сегозеро

Таксон	Гарбозерка	Лужма	Сегежа
1	2	3	4
Nematoda spp.	+	-	+
Platyhelminthes, Rhabditophora			
<i>Planaria torva</i> (O. F. Müller, 1773)	+	+	-
Clitellata			
<i>Eiseniella tetraedra</i> Savigny, 1826	+	+	-
Enchytraeidae spp.	N	+	+
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	B	+	+
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	B
<i>Lamprodrilus isoporus</i> subsp. <i>variabilis</i> Svetlov, 1936	-	-	+
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)	+	+	-
<i>Piscicola</i> sp.	-	-	-
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen, 1879	+	+	-
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	+	-	-
<i>Uncinaiis uncinata</i> (Ørsted, 1842)	+	-	-
Mollusca			
<i>Euglesa</i> sp.	B	NB	-
<i>Radix ovata</i> (Draparnaud, 1805)	-	-	B
<i>Sphaerium westerlundii</i> Clessin, 1873	B	-	-
Hydracarina spp.	-	-	+
Ephemeroptera			
<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)	+	+	+
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	N	N	-
<i>Caenis</i> sp.	-	-	+
<i>Ecdyonurus joermensis</i> Bengtsson, 1909	-	-	+
<i>Habrophlebia</i> sp.	-	-	+
<i>Heptagenia dalecarlica</i> Bengtsson, 1912	+	+	-
<i>Heptagenia sulphurea</i> (Müller, 1776)	+	+	-
<i>Nigrobaetis digitatus</i> (Bengtsson, 1912)	+	-	-
<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (Stephens, 1835)	+	-	-
<i>Procloeon bifidum</i> (Bengtsson, 1912)	-	-	+
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	+	+	+
Plecoptera			
<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-
<i>Isoperla difformis</i> (Klapálek, 1909)	+	-	-
<i>Leuctra fusca</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-
<i>Nemoura</i> sp.	-	+	-
<i>Taeniopteryx nebulosa</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-
Trichoptera			
<i>Agapetus ochripes</i> Curtis, 1834	-	+	-
<i>Arctopsyche ladogensis</i> (Kolenati, 1859)	-	B	-
<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834	-	+	-
<i>Ceraclea</i> sp.	-	+	-
<i>Ceratopsyche newae</i> (Kolenati, 1858)	-	NB	-
<i>Ceratopsyche silfvenii</i> (Ulmer, 1906)	+	+	-
<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	+	+	-
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	B	B	-
<i>Hydropsyche siltalai</i> Doehler, 1963	NB	+	-
<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	+	-	-
<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	+	+	-
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1758)	B	+	-

Таблица 10 (продолжение)

1	2	3	4
<i>Oxyethira</i> sp.	+	-	-
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	-	-	-
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	+	-	-
<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	B	B	-
<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	+	-	-
<i>Stenophylax lateralis</i> (Stephens, 1837)	B	-	-
<i>Wormaldia subnigra</i> McLachlan, 1865	+	-	-
Odonata			
<i>Cordulegaster boltonii</i> Donovan, 1807	+	-	-
Coleoptera			
<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	+	+	-
<i>Hygrotus quinquelineatus</i> (Zetterstedt, 1828)	-	-	NB
<i>Limnius volckmari</i> (Panzer, 1793)	+	+	-
<i>Oulimnius tuberculatus</i> (Müller, 1806)	-	-	-
Diptera			
Ceratopogonidae spp.	+	-	-
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)	+	-	-
<i>Hemerodromia</i> sp.	+	-	-
Diptera, Simuliidae			
<i>Eusimulium angustipes</i> (Edwards, 1915)	+	-	-
<i>Odagmia argyreata</i> (Meigen, 1838)	+	+	-
<i>Simulium</i> sp.	+	+	-
Diptera, Chironomidae			
<i>Cricotopus</i> sp.	+	-	+
<i>Eukiefferiella</i> sp.	-	+	-
<i>Heterotrissocladius marcidus</i> (Walker, 1856)	-	+	+
<i>Microtendipes rydalensis</i> (Edwards, 1929)	-	+	-
<i>Nanocladius balticus</i> (Palmen, 1959)	+	+	-
<i>Orthocladius</i> sp.	+	N	+
<i>Parakiefferiella</i> sp.	+	-	-
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)	+	-	-
<i>Procladius</i> sp.	N	+	N
<i>Rheocricotopus</i> sp.	N	+	-
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	+	-	-
<i>Synorthocladius</i> sp.	-	-	+
<i>Tanypus</i> sp.	-	-	+
<i>Tanytarsus</i> sp.	+	-	-
<i>Thienemanniella</i> sp.	-	+	-
<i>Tvetenia</i> sp.	+	N	-
<i>Xenochironomus xenolabis</i> (Kieffer, 1916)	+	-	-

Примечание к таблице. N – виды, доминирующие по численности; B – виды, доминирующие по биомассе.

Обилие макрозообентоса в целом соответствует значениям, выявленным ранее для рек региона. Сообщества отличаются довольно высоким видовым богатством и разнообразием (табл. 11). Уровень развития количественных характеристик донных сообществ в целом соответствует выявленному ранее в реках северной части Республики Карелия (Барышев, 2015).

Значения индекса сапробности по Пантле-Букк рассчитанные по организмам зообентоса варьировали от 1,65 (река Лужма) до 2,06 (река Сегежа), что вполне соответствует фоновым значениям в регионе. Все полученные значения укладываются в β-мезосапробную зону, что

Таблица 11

Основные показатели зообентоса в реках бассейна озера Сегозеро

Река	n	Численность		Биомасса	
		тыс. экз./м <sup>2</sup>	Доминирующие по численности виды	г/м <sup>2</sup>	Доминирующие по биомассе виды
Гарбозерка	28	2,5–3,4	Enchytraeidae <i>Baetis rhodani</i> <i>Hydropsyche siltalai</i> <i>Procladius</i> sp., <i>Rheocricotopus</i> sp.	2,9–9,4	<i>Erpobdella octoculata</i> , <i>Euglesa</i> sp. <i>Sphaerium westerlundii</i> , <i>Hydropsyche pellucidula</i> , <i>Neureclipsis bimaculata</i> , <i>Rhyacophila nubile</i> , <i>Stenophylax lateralis</i>
Лужма	30	2,7–3,1	<i>Euglesa</i> sp., <i>Baetis rhodani</i> , <i>Ceratopsyche newae</i> , <i>Orthocladius</i> sp. <i>Tvetenia</i> sp.	6,4–11,7	<i>Euglesa</i> sp., <i>Arctopsyche ladogensis</i> , <i>Ceratopsyche newae</i> , <i>Hydropsyche pellucidula</i> , <i>Rhyacophila nubile</i>
Сегежа	20	2,1	<i>Hygrotus quinquelineatus</i> , <i>Procladius</i> sp.	4,3	<i>Glossiphonia complanata</i> , <i>Radix ovata</i> , <i>Hygrotus quinquelineatus</i>

Примечание к таблице. n – число видов.

указывает на отсутствие значительного органического загрязнения. Более высокие значения индекса в реке Сегежа, вероятно, вызваны спецификой биотопа – низкой (0,05 м/с) скоростью течения и накоплением органического вещества, выносимого из озера.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные водотоки являются типичными для водных объектов Карелии и характеризуются высоким содержанием аллохтонного органического вещества (за исключением реки Сегежи) и низкой минерализацией воды. Полученные данные о химическом составе воды рек Гарбозерка, Лужма и Сегежа позволяют отнести их к водотокам с низкой освоенностью водосбора. Точечные источники загрязнения на прилегающих территориях отсутствуют.

Хозяйственная деятельность на территории водосбора пока не вызывает коренных изменений в сообществах водных организмов. Некоторые различия видового состава и количественных показателей сообществ водных организмов объясняются, в первую очередь озерностью и заболоченностью водосборов. Следует при этом учитывать, что структура планктона в реках зависит от наличия проточных озер, а для бентоса и перифитона большое значение имеет характер подстилающих грунтов и субстрата.

Численность и биомасса фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса позволяют судить о достаточно высокой степени их развития в речных водах, о высокой жизненной активности и устойчивости. Своеобразие структуры гидробиоценозов заключается в том, что они сформированы видами, заметно различающимися по размеру: от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Поэтому списки видов, доминирующих по численности и биомассе, заметно различаются.

Индикационные возможности сообществ водных организмов достаточно высоки. Структура гидробиоценозов и рассчитанные индексы достаточно четко отражает трофический статус рек. Имеющиеся данные по отдельным экологическим группировкам гидробионтов дополняют друг друга, повышая объективность выводов. Судя по набору индикаторных видов, вода исследованных рек условно чистая. Воды исследованных водотоков пригодны для всех видов водопользования, в том числе для рекреации.

Наше предположение о том, что река Сегежа в большей мере подвергается влиянию хозяйственной деятельности, чем реки, впадающие в озеро, не подтвердилось. Во-первых, это можно объяснить тем, что в последние годы активность хозяйственной деятельности на акватории озера невелика. Во-вторых, небольшие по размеру русла рек Лужма и Гарбозерка расположены вблизи автомобильных дорог, неоднократно их пересекающих. Кроме того, положение о водоохранных зонах далеко не всегда выполняется. Это приводит к заилению русла и увеличению концентрации тяжелых металлов присутствующих в топливе автомашин.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий №№ 0221-2014-0005 и 0221-2014-0038.*

### Список литературы

- Аналитические, кинетические и расчетные методы в гидрохимической практике / [Под ред. П. А. Лозовика, Н. А. Ефременко]. – СПб: История, 2017. – 272 с.
- Барышев И. А. Особенности формирования структуры макрозообентоса пороговых участков рек Карельского берега Белого моря // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 1. – 29–36.
- Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек Республики Карелия // Ботанический журнал. – 2004а. – Т. 89, № 3. – С. –18–35.
- Комулайнен С. Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, – 2004б. – 182 с.
- Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон водотоков бассейна Белого моря (Мурманская область, Республика Карелия, Россия) // Альгология – 2020. – Т. 30, № 4 (в печати).
- Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. – 2003. – 43 с.
- 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. – № 7. – С 179–186. DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.4.74-82
- Комулайнен С. Ф., Круглова А. Н., Хренников В. В., Широков В. А. Методические рекомендации по изучению гидробиологического режима малых рек. Петрозаводск Карельский филиал АН СССР. – 1989. – 41 с.
- Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вилянская И. Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. – Петрозаводск. Карельский НЦ РАН – 2006 – 78 с.
- Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: автореф. дис... докт. хим. наук. – М.: ГЕОХИ РАН, 2006. – 56 с.
- Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Утв. Приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552).
- Озера Карелии / [Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева]. – Петрозаводск, Карельский НЦ РАН, 2014. – 464 с.
- Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / [Под ред. Громцева А. Н., Китаева С. П., Крутова В. И., Кузнецова О. Л., Линдхольм Т., Яковлева Е. Б.]. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. – 2003. – 262 с.
- Разуваева Ю. С., Потахин М. С. Изменение гидрографической сети Карелии в результате создания водохранилищ // Водная среда: обучение для устойчивого развития: Сборник научных статей. Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН / [Ред. Филатов Н. Н., Регеранд Т. И.]. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. – 2010. – С. 112 – 116.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики. Т. 2: Карелия и Северо-запад. Ч. 1. / [Под ред. Водогрецкого В. Е.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 527 с.
- Штина Э. А., Антипина Г. С., Козловская Л. С. Альгофлора болот Карелии и ее динамика под воздействием естественных и антропогенных факторов. – Л.: Наука, 1981. – 269 с.
- Komulainen S. Phytoplankton of the Kem River and Its Tributaries (Republic of Karelia, Russia) // International Journal on Algae. – 2019. – Vol. 21, № 2. – P. 123–136. DOI: 10.1615
- Komulainen S. Morozov A. Spatial and temporal variation of heavy metal levels in phytoplankton in small streams of Northwest Russia // Archiv Hydrobiologie. – 2007. – Vol. 161, N 3–4. – P. 435–442.
- Komulainen S., Morozov A. Heavy metal dynamics in the periphyton in small rivers of Kola Peninsula // Water Resources. – 2010. – Vol. 37, N 6. – P. 874–878.

**Komulaynen S. F., Barihshev I. A., Kruglova A. Galakhina N. E., Nikerova K. M. The current state of the watercourses of the Lake Segozero Basin (Segozero Reservoir, Republic of Karelia, Russia) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 60–71.**

The chemical features and the structure of biological communities in the in the three watercourses of Segozero Lake basin. Analysis for the species composition, abundance and biomass of phytoperiphyton, zooplankton, and zoobenthos was carried out. The effect of natural and anthropogenic factors on the formation of the chemical features and structure of lake hydrobiocenoses was analyzed. Variations in the structure of aquatic organism communities are due primarily to specific hydrographic and hydrological characteristics of river stretches. The paper is discussed the main principles of the changes in a structure and functioning of hydrobiont communities in rivers. The trophic status of the rivers, their saprobiological slate, and the significance of individual communities and biotic indices for bioindication of the ecological state of the rivers, are estimated. We concluded that consideration of three groups of organisms enables more comprehensive and reliable monitoring than assessment based on a single group. The abundance and biomass of phytoplankton, phytoperiphyton, zooplankton, and zoobenthos suggest the relatively high degree of their development in lake water, as well as their activity and stability. A peculiarity of the structure of hydrobiocenoses is that they consist of species with appreciably different sizes: from several microns to several centimeters. Therefore, the lists of species dominating in terms of abundance and biomass differ appreciably.

*Key words:* rivers, Segozero Lake basin, chemical composition, hydrobiocenoses, taxonomy, ecology.

*Поступила в редакцию 15.11.20  
Принята к печати 08.12.20*