

## Определение величин кормового коэффициента и коэффициента использования кормовой базы рыбами-планктонофагами в нижнем течении реки Вычегды

© 2024. Н. Г. Отченаш, специалист,  
И. И. Студёнов, к. б. н., зам. руководителя филиала, И. Ю. Македонская, ст. специалист,  
Е. В. Медведева, специалист, М. А. Студёнова, ст. специалист,  
Г. В. Фукс, к. б. н., с. н. с., В. С. Шерстков, ст. специалист,  
Р. А. Мельник, специалист, Л. В. Парухина, ст. специалист,  
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО»,  
163002, Россия, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 17,  
e-mail: otchenash@severniro.vniro.ru

Проведено исследование компонентов водной экосистемы нижнего течения р. Вычегды. За вегетационный период 2022 г. было обнаружено 234 вида фитопланктона, относящихся к 8 отделам, и 45 видов зоопланктона, относящихся к 3 таксономическим группам, а также 6 видов рыб. Был получен материал по 150 личинкам и малькам уклейки и ерша. Показатель коэффициента использования кормовой базы ( $K_E$ ) для фитопланктона составил в среднем 0,033, для зоопланктона – 0,11. Коэффициент усвоенной пищи зоопланктоном ( $K_3$ ) соответствовал в среднем 0,348 (34,8%), аналогичный показатель для рыб-планктонофагов не превышал 0,3 (30%). Кормовые коэффициенты фитопланктона и зоопланктона для нижнего течения р. Вычегды в среднем составили 30 и 9 соответственно. Таким образом, кормовые коэффициенты, рассчитанные нами в вегетационный сезон 2022 г., близки к зональным для Северного рыбохозяйственного бассейна. Результаты исследований могут быть использованы для разработки мер по сохранению водных биоресурсов и среды их обитания.

**Ключевые слова:** река Вычегда, кормовой коэффициент, коэффициент использования кормовой базы, коэффициент усвоенной пищи, фитопланктон, зоопланктон.

## Determination of the values of feeding coefficient and the coefficient of feed utilization by planktonophagous fish in the lower reaches of the Vychehda River

© 2024. N. G. Otchenash,  
I. I. Studenov ORCID: 0000-0002-0826-2537, I. Yu. Makedonskaya ORCID: 0000-0002-7723-0184,  
E. V. Medvedeva ORCID: 0000-0001-6226-9951, M. A. Studenova ORCID: 0000-0001-5778-190X,  
G. V. Fuks ORCID: 0000-0003-0617-3562, V. S. Sherstkov ORCID: 0000-0001-6132-500X,  
R. A. Melnik ORCID: 0000-0002-7791-229X, L. V. Paruhina ORCID: 0000-0003-2010-0861,  
Northern branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
17, Uritskogo St., Arkhangelsk, Russia, 163002,  
e-mail: otchenash@severniro.vniro.ru

This paper presents the results of studies of the aquatic ecosystem components of the lower reaches of the Vychehda River. During 2022 growing season we found 234 species of various microalgae belonging to 8 departments. The phytoplankton community is diatom-green with small forms of organisms from other departments. 45 taxonomic units represented the zooplankton community over the entire period of research. We identified 20 taxa of Cladocera, 11 taxa of Copepoda, and 14 taxa of Rotatoria. Widespread Palearctic organisms formed the community. According to the results of control catches, six species of fish were identified: roach, perch, bream, ruff, silver bream and walleye. Perch and roach dominated the catches (87.7% of the catch). Material on 150 larvae and fry of bleak and ruff was obtained. The coefficient of feed utilization ( $K_E$ ) for phytoplankton averaged 0.033, for zooplankton – 0.11. The coefficient of assimilated food by zooplankton ( $K_3$ ) corresponded to an average of 0.348 (34.8%), the same indicator for planktonophagous fish was not above 0.3 (30%). The feeding coefficients of phytoplankton and zooplankton for the lower reaches of the Vychehda River averaged 30 and 9, respectively. Thus, the obtained feeding coefficients in 2022 growing season are close to the zonal ones for the Northern Fisheries Basin. The research results can be used to develop measures for the conservation of aquatic biological resources and their habitat.

**Keywords:** the Vychehda River, feeding coefficient, feed utilization coefficient, coefficient of assimilated food, phytoplankton, zooplankton.

Методикой определения последствий негативного воздействия на окружающую среду (Приказ Росрыболовства от 06.05.2020 г. № 238) и Методикой исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам (Приказ Минсельхоза России от 31.03.2020 г. № 167) утверждён порядок определения размера вреда, наносимого водным биоресурсам и среде их обитания, а также продукционные коэффициенты, определённые для рыбохозяйственных бассейнов. Однако такие коэффициенты не установлены для бассейна р. Северная Двина, в частности – для нижнего течения р. Вычегды.

Цель работы – определение величин кормового коэффициента и коэффициента использования кормовой базы рыбами в нижнем течении р. Вычегды для возможности определения размера вреда, наносимого водным биоресурсам и среде их обитания в результате использования водных ресурсов.

### Объекты и методы исследования

Вычегда – река на севере Европейской части России в Республике Коми и Архангельской области. Длина – 1130 км, впадает в р. Северную Двину вблизи г. Котласа [1, 2]. Работы проводили в Архангельской облас-

ти, в нижнем течении р. Вычегды, в районе г. Коряжмы (рис.).

Отбор гидробиологических и ихтиологических проб осуществлялся 5 июня 2022 г. (1 этап), 20 июня (2 этап), 4 августа (3 этап), 21 сентября (4 этап) и 12 октября (5 этап). Пробы отбирали двукратно с временным промежутком в 24 ч при максимальной высоте солнца над горизонтом.

Сбор и обработку проб фитопланктона и зоопланктона, а также сбор и анализ материалов на питание молоди рыб выполняли согласно стандартным методикам [3–12]. Неполовозрелые формы веслоногих раков учитывали как отдельные таксоны [13]. Всего было проанализировано питание 150 сеголетков уклейки и ерша. Лов рыбы старших возрастов осуществляли ставными жаберными сетями с ячеей 16–40 мм.

Показатель коэффициента использования кормовой базы ( $K_E$ ) рассчитывали как обратную величину кормового коэффициента ( $KK$ ), то есть  $K_E = 1/KK$ . Согласно Приказу Минсельхоза России от 31.03.2020 г. № 167,  $KK$  вычисляется как отношение массы потреблённой пищи к величине прироста веса организма за определённый промежуток времени. Величину  $KK$  определяли, исходя из величины суточного рациона рыб по урав-

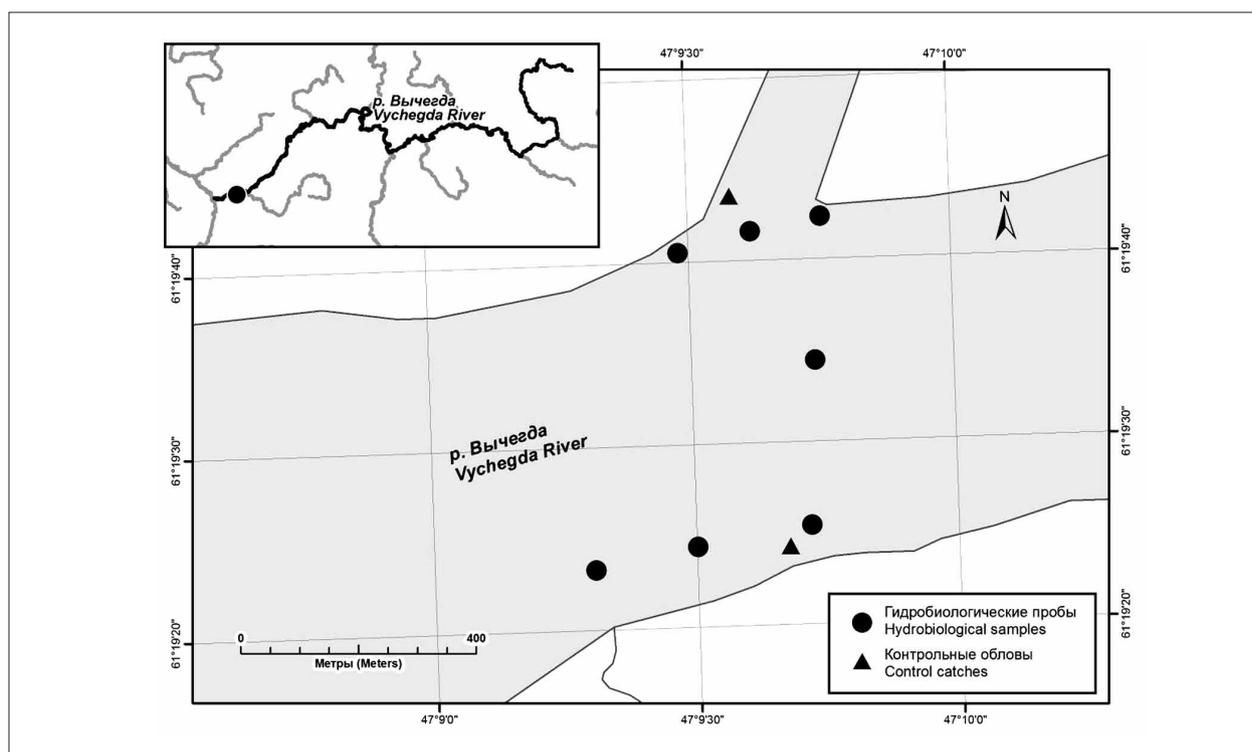


Рис. Сетка станций ежемесячного отбора гидробиологических и ихтиологических проб в нижнем течении р. Вычегды в вегетационный период 2022 г.

Fig. Grid of stations for monthly hydrobiological and ichthyological sampling in the lower reaches of the Vychegda River in 2022 growing season

нению балансового равенства Винберга [14], по формуле:

$$C = P + R + F, C = (P + R) \cdot 1,25,$$

где  $C$  – суточный рацион рыбы (Дж, г);  $P$  – энергия, идущая на прирост массы тела (Дж, мг);  $R$  – энергия, идущая на функциональный обмен,  $F$  – не усвоенная часть рациона (20%) [14].

В расчётах с использованием температурной поправки учитывали скорость потребления кислорода в зависимости от размера организма и изменения температуры среды [15].

Для расчёта энергии, идущей на функциональный обмен ( $R$ ), использовали формулу:

$$R = a \cdot 20,33 \cdot 24 \cdot W_{cp} \cdot k \cdot 1,5/q \cdot C_c,$$

где  $a$  – коэффициент, равный обмену рыбы при массе тела, равной единице; 20,33 – энергетический эквивалент кислорода (Дж/мг $O_2$ ); 24 – количество часов в сутках;  $W_{cp}$  – средняя масса рыбы (мг);  $k$  – коэффициент скорости изменения энергетического обмена, при повышении массы рыбы (для карповых рыб 0,98 [14]); 1,5 – принятое соотношение средней скорости обмена, в природных условиях и стандартного, характеризует увеличение расхода энергии рыбой во время поиска корма;  $q$  – температурная поправка, рассчитанная Г.Г. Винбергом [17];  $C_c$  – энергетический эквивалент сырого вещества рыбы (4,184 Дж/мг [14]).

Расчёт энергии, идущей на прирост массы тела, ( $P$ ) проводили по формуле:

$$P = C_w \cdot W_{cp},$$

где  $C_w$  – удельная скорость роста рыбы;  $W_{cp}$  – средняя масса рыбы, мг.

Удельная скорость роста рыб рассчитывается по уравнению:

$$C_w = \lg W_2 - \lg W_1 / 0,4343 \cdot (t_2 - t_1),$$

где  $W_2$  – конечная масса рыбы, мг;  $W_1$  – начальная масса рыбы, мг; 0,4343 – коэффициент перехода от массы ко времени;  $(t_2 - t_1)$  – продолжительность периода роста рыб.

Суточную продукцию зоопланктона рассчитывали на основании биомассы трофических групп физиологическим методом. Дыхание зоопланктона определяли, используя уравнение связи между скоростью потребления кислорода и массой животного:

$$R_{O_2} = 0,143 \cdot W^{0,803} \text{ (для Cladocera),}$$

$$R_{O_2} = 0,2 \cdot W^{0,777} \text{ (для Copepoda),}$$

$$R_{O_2} = 1,5 \cdot W^{0,7} \text{ (для Rotifera),}$$

где  $R_{O_2}$  – скорость потребления кислорода, в мл  $O_2$ :экз./ час<sup>-1</sup>;  $W$  – масса особи в мг. При переводе в калории использовали оксикалорийный коэффициент 4,86 кал/мл  $O_2$  [16].

Для расчёта продукции зоопланктона использовали формулу:

$$P_{zoo} = R_{O_2} \cdot K_2 / (1 - K_2) \text{ (мг/м}^3\text{)},$$

Коэффициент эффективности использования энергии для зоопланктонных организмов (отношение прироста биомассы к ассимилированной пище),  $K_2$  для Copepoda фильтраторов-фитофагов составлял 0,2, для Cladocera – 0,35, для нехищных Rotifera –  $K_2=0,4$ , для хищных Copepoda, Cladocera и Asplanchna –  $K_2=0,3$  [17]. Суточный рацион рассчитывали по формуле:

$$C = P_{zoo} / K_1 \text{ (мгС/м}^3\text{)},$$

где  $K_1$  – коэффициенты использования потреблённой пищи на рост, равные для мирных животных 0,22, для хищных и всеядных копепод – 0,16; для всеядных коловраток рода *Asplanchna* – 0,28 [17]. При расчёте дыхания ( $R_{O_2}$ ) вносили температурную поправку  $Q_{10}$ , принятую равной 2,25 [15]. Принимая, что масса сухого вещества фитопланктона составляет примерно 15% от его сырой массы, для перевода биомассы суточного рациона зоопланктона в миллиграммы использовали коэффициент 0,15 [18]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием статистического пакета программы Microsoft Office Excel 2013.

## Результаты и обсуждение

В нижнем течении р. Вычегды за период исследований было обнаружено 234 вида микроводорослей, относящихся к 8 отделам, наибольший вклад в видовое богатство приносили представители диатомовых и зелёных водорослей. В течение исследуемого периода численность и биомасса фитопланктона находились в рамках сезонной изменчивости. Максимальные показатели численности и биомассы наблюдались 20.07.2022 г., изменяясь в пределах 114,56–201,68 млн кл./м<sup>3</sup> и 172,63–277,87 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Минимальные показатели наблюдались 13.10.2022 г., варь-

ируя от 27,04 до 51,76 млн кл./м<sup>3</sup> и 73,01–149,43 мг/м<sup>3</sup>, что можно объяснить снижением концентрации биогенных элементов. За весь период наблюдений средняя численность и биомасса фитопланктона в нижнем течении р. Вычегды в 2022 г. составили 101,41 млн кл./м<sup>3</sup> и 158,45 мг/м<sup>3</sup>, соответственно.

По результатам исследований альгоценоз р. Вычегды характеризовался как диатомово-зелёный с преобладанием широко распространённых мелких видов микроводорослей. Чётко прослеживался рост количественных показателей фитопланктона за счёт мелких теплолюбивых видов, что объясняется повышением солнечной активности и среднесуточных температур. В целом, уровень развития и продукционные характеристики фитопланктона данных территорий в период наблюдений соответствовал стадиям сукцессионного цикла развития фитопланктонных сообществ.

Зоопланктон нижнего течения р. Вычегды за весь период исследований был представлен 45 таксономическими единицами. Cladocera – 20 таксонов; Copepoda – 11 таксонов; Rotatoria – 14 таксонов. Максимальное число идентифицированных видов было отмечено в третий этап исследований (4 августа) – 30 видов. Минимальное число видов было отмечено в октябре, когда наблюдались спад и завершение вегетационного периода и были обнаружены 12 видов зоопланктёров, при среднем показателе за весь период исследований в 19 видов. Среднелетнее число видов составляло 21, среднеосеннее – 15 экземпляров, соответственно.

Общая биомасса и общая численность зоопланктона в районе исследований за период с июня по октябрь колебались в пределах от 2,22 мг/м<sup>3</sup> и 183 экз./м<sup>3</sup> в октябре до 19,72 мг/м<sup>3</sup> 5 июня и 3204 экз./м<sup>3</sup> в августе, соответственно. Средние показатели за весь период исследований составляли 11,066 мг/м<sup>3</sup> и 1375 экз./м<sup>3</sup>. Среднелетние продукционные показатели составляли 16,81 мг/м<sup>3</sup> и 2165 экз./м<sup>3</sup>, среднеосенние – 2,455 мг/м<sup>3</sup> и 189 экз./м<sup>3</sup>, соответственно. Пик развития зоопланктона приходился на июль – август 2022 г., после понижения среднесуточных температур наблюдалось резкое снижение общей численности и биомассы зоопланктона, а также сокращение числа видов, с последующим завершением вегетации. Несмотря на различия видового состава каждого этапа, была группа таксонов, встречающихся на протяжении всего периода исследований. В неё вошли *Asplanchna priodonta*, *Bosmina longirostris*, *Thermocyclops oithonoides* и мелкие Cyclopoida. Количественные показатели изу-

ченного зоопланктонного сообщества в 2022 г. были крайне низкими. Сообщество было сформировано широко распространёнными палеарктическими организмами. Река классифицировалась как коловратно-кладоцернокопеподный, крайне бедный олиготрофный водоток. По развитию кормовой базы исследованная акватория относилась к малокормным для рыб-планктонофагов [19, 20].

Рыбное сообщество низовьев р. Вычегды в 2022 г., по результатам контрольных обловов, было представлено 6 видами: плотва, окунь, лещ, ёрш, густера и судак. В уловах преобладали окунь и плотва, на долю которых пришлось 87,7% вылова.

В ходе исследований был получен материал по личинкам и малькам двух видов рыб: уклейки *Alburnus alburnus* и ерша *Gymnocephalus cernua*. Размерный ряд молоди уклейки составляли особи длиной от 1,7 до 3,2 см (AD) и массой от 51,5 до 295,6 мг. Анализ содержимого желудочно-кишечных трактов показал, что к числу основных компонентов питания относились представители Chironomidae, кроме того, встречались зоопланктёры – представители Cladocera, в частности из pp. *Disparalona*, *Calanoida*, *Cyclopoida*, *Harpacticoida*, что согласуется с литературными данными [21]. Среди прочих компонентов пищи в питании уклейки встречались фрагменты и семена растений, яйца беспозвоночных животных.

Любая хозяйственная деятельность, ведущаяся на водных объектах, неблагоприятно сказывается на гидробионтах, нарушая условия их естественного обитания и воспроизводства. Изъятие водных ресурсов для хозяйственной деятельности снижает запасы планктонных организмов, как потенциальной кормовой базы гидробионтов. Величина суточной продукции зоопланктона является важнейшим показателем функционирования трофических сетей пресноводных экосистем [16]. Суточная продукция зоопланктона ( $P_{zoo}$ ) нижнего течения р. Вычегды значительно менялась в зависимости от периода исследований. Наибольшие значения суточной продукции были отмечены в августе, что связано с увеличением численности мирных коловраток. Суточная продукция зоопланктона в августе составляла 4,099 мг/м<sup>3</sup>сут. Минимум  $P_{zoo}$  наблюдался на 2 этапе исследований ( $P_{zoo}$  0,729 мг/м<sup>3</sup>сут.), что объясняется доминированием ветвистоусых рачков, обладающих более низкими продукционными показателями [22]. Суточные P/B ( $P/B_{zoo}$ /сут.) коэффи-

циенты зоопланктонных сообществ также изменялись в зависимости от сезона. Минимальное среднее значение  $P/B_{200}$ /сут. – 0,042 было отмечено для второго этапа исследований. Максимальное среднее значение  $P/B_{200}$ /сут. составляло 0,939, и наблюдалось в сентябре, в четвёртый этап исследований. Среднее значение  $P/B_{200}$ /сут. для исследованного периода с 5 июня по 12 октября составило 0,36.

Исходя из суточных продукционных показателей трофических групп зоопланктонных сообществ, были рассчитаны функциональные показатели зоопланктона и отношение  $P/B$  по сезонам и за весь вегетационный период. Величина  $P/B_{200}$  составляла от 2 в весенний период до 19 в летний период, осенний показатель составлял 13. Значение  $P/B_{200}$  за весь вегетационный период в среднем не превышало 12. Показатели  $P/B_{200}$  исследованного зоопланктонного сообщества в целом были невысоки и соответствовали олиготрофному статусу водоёмов [17], что совпадает с оценкой трофического статуса нижнего течения р. Вычегды по количественным показателям зоопланктона [19].

Среди рыбного населения нижнего течения р. Вычегды нет прямых потребителей фитопланктона, поэтому коэффициент эффективности использования пищи рассчитывался в объединённой пищевой цепи «фитопланктон – зоопланктон – рыбы». Кормовой коэффициент для фитопланктона ( $KK_{\text{фит}}$ ) вычислялся как отношение массы потреблённой пищи к величине прироста массы зоопланктонного организма за определённый промежуток времени, исходя из рациона каждого потребителя. Величина рассчитывалась, исходя из суммарного суточного рациона ( $Cc_{200}$ ) всех зоопланктёров сообщества. Частные рационы рассчитывались пропорционально их биомассе с учётом

их биомассы в водоёме, их избирательного питания и доступности основных трофических ресурсов [18]. Основу зоопланктонного сообщества нижнего течения р. Вычегды составляли мирные и всеядные организмы. Максимальная величина  $Cc_{200}$  (129,04 мг/м<sup>3</sup>) была отмечена в августе, что объясняется максимумами значений биомасс зоопланктёров и доминированием коловраток (мирные фильтраторы), поглощающих наибольшее количество фитопланктона [16]. Минимальные суточные рационы (21,6 мг/м<sup>3</sup>) наблюдались в октябре, что связано со снижением вегетативной активности зоопланктонных организмов, сокращением их численности и изменением возрастной структуры (табл. 1).

$KK_{\text{фит}}$  для нижнего течения р. Вычегды для вегетационного сезона в 150 сут составил 30, при этом минимальные значения коэффициента были отмечены для осеннего периода (22), что связано с сокращением численностей зоопланктёров, изменением их возрастного состава и в целом завершением вегетации. Для весеннего и летнего периодов  $KK_{\text{фит}}$  составлял 32 (табл. 2). Такие величины выше принятых и применяемых для водных объектов Красноярского края (10), но ниже аналогичных показателей рек Чёрного моря (40), что указано в Приказе Минсельхоза России от 31.03.2020 г. № 167.

Кормовой коэффициент для зоопланктона ( $KK_{200}$ ) вычислялся как отношение массы потреблённых зоопланктонных организмов к величине прироста массы планктонофага за определённый промежуток времени. Величина  $KK_{200}$  определяется для каждого водоёма индивидуально, исходя из величины суточного рациона рыб. Исследования содержимого пищеварительных трактов планктоноядных рыб нижнего течения р. Вычегды (уклейка

Таблица 1 / Table 1

Изменения суточного рациона ( $Cc_{200}$ , мгС/м<sup>3</sup>) зоопланктона нижнего течения р. Вычегды в июле–октябре 2022 г. с пересчётом единиц углерода в биомассу потреблённого фитопланктона ( $Cc_{\text{фит}}$ , мг/м<sup>3</sup>)  
Changes in the daily diet ( $Cc_{200}$ , mgC/m<sup>3</sup>) of zooplankton of the lower reaches of the Vychegda River in July – October 2022 with conversion of carbon units into biomass of consumed phytoplankton ( $Cc_{\text{фит}}$ , mg/m<sup>3</sup>)

Показатели Parameters	Период / Period				
	1 этап (05.07.2022)	2 этап (20.07.2022)	3 этап (05.08.2022)	4 этап (21.09.2022)	5 этап (12.10.2022)
	1 stage	2 stage	3 stage	4 stage	5 stage
Cladocera	3,2±0,5	2,34±0,13	3,16±0,21	2,22±0,13	1,17±0,12
Copepoda	1,1±0,1	0,9±0,1	2,66±0,21	3,73±0,18	0,44±0,02
Rotifera	2,4±0,5	0,06±0,02	13,5±1,4	6,5±1,3	1,62±0,05
Σ	6,752	3,574	19,356	12,482	3,240
$Cc_{200}$ , мг/м <sup>3</sup> $Cc_{200}$ , mg/m <sup>3</sup>	45,013	23,827	129,040	83,213	21,600

Таблица 2 / Table 2

Сезонные изменения кормового коэффициента фитопланктона ( $KK_{\text{phit}}$ ) для нижнего течения р. Вычегды в 2022 г. / Seasonal changes in phytoplankton feeding coefficient ( $KK_{\text{phit}}$ ) for the lower reaches of the Vycheгда River in 2022

Этапы Stages	Длительность периода, сут Duration of the period, days	$P_{\text{zoo}}$ , мг/м <sup>3</sup> период mg/m <sup>3</sup> period	$C_{\text{zoo}}$ , мг/м <sup>3</sup> период mg/m <sup>3</sup> period	$KK_{\text{phit}}$
1, весна / spring	30	42,51	1350,39	32
2, лето / summer	30	21,87	714,81	32
3, лето / summer	30	122,97	3871,20	
4, лето / summer	30	75,69	2496,39	
5, осень / autumn	30	29,61	648,00	22

Таблица 3 / Table 3

Сезонные изменения расчётных показателей, применяемых для формирования кормовых коэффициентов зоопланктона в нижнем течении р. Вычегды в 2022 г. / Seasonal changes in the calculated indicators used for zooplankton feeding coefficients forming in the lower reaches of the Vycheгда River in 2022

Расчётные показатели Calculated indicators	1–2 этапы Stages 1–2	2–3 этапы Stages 2–3	3–4 этапы Stages 3–4	4–5 этапы Stages 4–5
$C$ , мг/экз./сут. $C$ , mg/ind./day.	2,32	7,21	17,21	10,47
$P_{\text{сут}}$ , мг/экз./сут $P_{\text{day}}$ , mg/ind./day	0,29	0,71	2,60	0,84
$R$ , Дж/экз./сут. $R$ , J/ind./day	1,94	8,57	8,57	24,73
$P$ , Дж/экз./сут. $P$ , J/ind./day	1,80	3,09	12,96	3,48
$K_p$ , Дж/мг $K_p$ , J/mg	2,02	2,02	2,02	3,37
$C_w$ , мг/экз./сут. $C_w$ , mg/ind./day	0,08	0,06	0,04	0,01
$W_1$ , мг/экз. $W_1$ , mg/ind.	2,28	6,85	18,50	142,90
$W_2$ , мг/экз. $W_2$ , mg/ind.	6,85	18,50	142,90	160,50
$W_{\text{сп}}$ , мг/экз. $W_{\text{сп}}$ , mg/ind.	4,56	12,50	80,53	151,70
Температура воды, °C Water temperature, °C	20	26	10	7
$q$ ( $t_2 - t_1$ ), сут./day	1	0,61	2,5	3,98
$KK_{\text{zoo}}$	8	10	7	12
$K_{\text{Ezoo}}$	0,12	0,1	0,15	0,08
$K_{\text{Zzoo}}$	0,28	0,27	0,53	0,12

Примечание: расшифровку расчётных показателей см. в тексте.  
Note: see the text for a breakdown of the calculated indicators.

*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)) показало, что зоопланктон входит в пищевой рацион только особей первого года жизни. Исследования пищеварительных трактов молоди уклейки показало пищевую избирательность в пользу кладоцер (ветвистоусые рачки).

И лишь в октябре, в связи с сокращением численности зоопланктона в целом, и, как следствие, нехваткой предпочитаемого трофического ресурса, в рацион помимо кладоцер входили ещё циклопоиды и, предположительно, коловратки.

Средняя масса молоди уклейки колебалась в пределах от 2,28 мг/экз. в первый этап исследований (05.07.22) до 160,5 мг/экз. на заключительном этапе (12.10.2022 г.), суточная продукция ( $P_{сут}$ ) составляла от 0,29 мг/экз./сут. до 2,60 мг/экз./сут., в первый и четвёртый этапы соответственно. Расчёт суточного рациона ( $C$ ) молоди уклейки с первого по четвёртый этап был выполнен при фактической калорийности пищевого комка ( $K_p$ ) 2,02 Дж/мг (ветвистоусые рачки), с четвёртого по пятый этап фактическая калорийность пищевого комка составляла 3,367 Дж/мг (ветвистоусые рачки, коловратки) [18]. Исходя из суточной продукции молоди уклейки и ерша, а также массы их суточного рациона,  $KK_{200}$  составлял от 7 с третьего по четвёртый этап, до 12 с четвёртого по пятый этап (табл. 3).

### Заключение

Исходя из полученных данных, можно сделать следующие выводы. За вегетационный период 2022 г. было обнаружено 234 видов фитопланктона, относящихся к 8 отделам, 45 таксономических единиц зоопланктона и 6 видов рыб. Уровень развития и продукционные характеристики фито- и зоопланктона соответствовали стадиям сукцессионного цикла развития планктонных сообществ и согласовались с данными, полученными в предыдущих исследованиях [23]. Продукционные процессы в зоопланктонном сообществе протекают неактивно, с весенним минимумом и летним максимумом. Величина отношения  $P/B$  зоопланктона составляла от 2 в весенний период до 19 в летний период и 12 за весь вегетационный период в среднем.

Кормовой коэффициент фитопланктона для нижнего течения р. Вычегды в среднем составил 30, при минимальных значениях коэффициента осеннего периода (22); для весеннего и летнего периодов составлял 32. Подобные показатели сопоставимы с кормовыми коэффициентами фитопланктона северных морей. Показатель коэффициента использования кормовой базы ( $K_{Ephit}$ ) для фитопланктона колебался в пределах от 0,03 до 0,046 и составил в среднем за вегетационный сезон 0,033. Коэффициент усвоенной пищи ( $K_{3phit}$ ) составлял от 0,32 до 0,39 при среднем значении 0,348, что соответствует 34,8%.

Кормовой коэффициент для зоопланктона нижнего течения р. Вычегды в период исследований с 5 июля по 12 октября 2022 г. колебался в пределах от 7 до 12 и составил в среднем 9. Показатель коэффициента использования

кормовой базы ( $K_{Ezoo}$ ) для зоопланктона колебался в пределах от 0,08 до 0,15 и составил в среднем 0,11. Коэффициент усвоенной пищи  $K_{3zoo}$  составлял от 0,12 до 0,53 при среднем значении 0,3, что соответствует 30%.

Таким образом, кормовые коэффициенты, определённые в вегетационный сезон 2022 г., близки к зональным для Северного рыбохозяйственного бассейна, варьирующим, по литературным источникам и нормативным документам, для зоопланктона в пределах 8–10, для фитопланктона – в пределах 22–32.

### Литература

1. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 3. Северный край. Л.: Гидрометеоиздат, 1965. 610 с.
2. Государственный водный реестр [Электронный ресурс] <http://www.textual.ru> (Дата обращения: 19.11.2020).
3. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ред. В.А. Абакумов. СПб: Гидрометеоздат, 1992. 317 с.
4. Плотников Г.К., Пескова Т.Ю., Шкуте А., Пупиня А., Пупиньш М. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре. Даугавпилс: Академическое издательство Даугавпилсского университета «Сауле», 2017. 282 с.
5. Диатомовый анализ. Кн. 2. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей: Порядки Centrales и Mediales / Ред. А.И. Прошкина-Лавренко. М.: Госгеолиздат, 1949. 238 с.
6. Диатомовый анализ. Кн. 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей: Порядок Pennales / Ред. А.И. Прошкина-Лавренко. М.: Госгеолиздат, 1950. 398 с.
7. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезелёные водоросли / Ред. М.М. Голлербах, Е.К. Косинская, В.И. Полянский. М.: Советская наука, 1953. 651 с.
8. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли / Ред. М.М. Забелина, И.А. Киселев, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова. М.: Советская наука, 1951. 618 с.
9. Ракообразные (Crustacea) Беларуси [Электронный ресурс] <https://crustacea-g2n.mozello.com/> (Дата обращения: 23.10.2019).
10. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Ред. В.Р. Алексеев, С.Я. Цалолыхин. СПб: Зоологический ин-т РАН; М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2010. 494 с.
11. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.; Л.: Наука, 1964. 327 с.
12. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Ред. Е.В. Боруцкий. М.: Наука, 1974. 254 с.

13. Лоскутова О.А., Кононова О.Н. Зообентос и зоопланктон предгорных озёр Приполярного Урала // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 56–62. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-056-062

14. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1956. 253 с.

15. Винберг Г.Г. Температурный коэффициент Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса в биологии // Журн. общ. биол. 1983. Т. 44. № 1. С. 3–42.

16. Лазарева В.И. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2010. 183 с.

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

18. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 150 с.

19. Китаев С.П. Экологические основы биопроductивности озёр разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.

20. Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И., Максимова Л.П., Петров В.В., Саватеева В.В., Салазкин А.А. Краткая биолого-продукционная характеристика водоёмов северо-запада СССР. Т. 67. Л.: ГосНИОРХ, 1968. С. 205–228.

21. Бусева Ж.Ф., Плюта М.В. Питание молоди рыб в литорали мелководного озера // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2015. Т. 59. № 3. С. 71–76.

22. Куликова Т.П. Зоопланктон залива Большое Онего и его продуктивность // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. Л.: Зоол. ин-т, 1982. С. 130–155.

23. Студёнов И.И., Торцев А.М. Практическая реализация мер по сохранению водных биоресурсов на целлюлозно-бумажном производстве: результаты и их применение // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 11. С. 66–71. doi: 10.18412/1816-0395-2020-11-66-71

## References

1. Surface water resources of the USSR: Hydrological knowledge. V. 3. The Northern Territory. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1965. 610 p. (in Russian).

2. State Water Register [Internet resource] <http://www.textual.ru> (Accessed: 19.11.2020) (in Russian).

3. Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems / Ed. V.A. Abakumov. Sankt-Peterburg: Hydrometeoizdat, 1992. 317 p. (in Russian).

4. Plotnikov G.K., Peskova T.Yu., Shkute A., Pupinya A., Pupins M. Collection of classical methods of hydrobiological researches for use in aquaculture. Daugavpils: University Academic "Saule", 2017. 282 p. (in Russian).

5. Diatom analysis. Book 2. Definitions of fossil and modern diatoms: Orders Centrales and Mediales / Ed. A.I. Proshkina-Lavrenko. Moskva: Gosgeolizdat, 1949. 238 p. (in Russian).

6. Diatom analysis. Book 3. Definitions of fossil and modern diatoms: Order Pennales / Ed. A.I. Proshkina-Lavrenko. Moskva: Gosgeolizdat, 1950. 398 p. (in Russian).

7. Determinant of freshwater algae of the USSR. V. 2. Blue-green algae / Eds. M.M. Gollerbach, E.K. Kosinskaya, V.I. Polyansky. Moskva: Sovetskaya nauka, 1953. 651 p. (in Russian).

8. Determinant of freshwater algae of the USSR. V. 4. Diatoms / Eds. M.M. Zabelina, I.A. Kiselev, A.I. Proshkina-Lavrenko, V.S. Sheshukova. Moskva: Sovetskaya nauka, 1951. 618 p. (in Russian).

9. Crustaceans of Belarus [Internet resource] <https://crustacea-g2n.mozello.com/> (Accessed: 23.10.2019) (in Russian).

10. Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. V. 1. Zooplankton / Eds. V.R. Alekseev, S.Ya. Tsalolikhin. Sankt-Peterburg: Zoologicheskii institut RAN; Moskva: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. 494 p. (in Russian).

11. Manuilova E.F. Branchous crustaceans (Cladocera) of the fauna of the USSR. Moskva; Leningrad: Nauka, 1964. 327 p. (in Russian).

12. Methodological guide to the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions / Ed. E.V. Borutsky. Moskva: Nauka, 1974. 254 p. (in Russian).

13. Loskutova O.A., Kononova O.N. Zoobenthos and zooplankton of the foothill lakes of Subpolar Urals // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 2. P. 56–62 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-056-062

14. Vinberg G.G. Metabolic intensity of and nutritional needs of fish. Minsk: Izd-vo Belgorusskogo universiteta, 1956. 254 p. (in Russian).

15. Vinberg G.G. The Van 't-Hoff temperature coefficient and the Arrhenius equation in biology // Zhurnal obshchey biologii. 1983. V. 44. No. 1. P. 3–42 (in Russian).

16. Lazareva V.I. Zooplankton structure and dynamics in the Rybinsk reservoir. Moskva: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. 183 p. (in Russian).

17. Andronikova I.N. Structural and functional organization of zooplankton of lake ecosystems of different trophic types. Sankt-Peterburg: Nauka, 1996. 189 p. (in Russian).

18. Alimov A.F. Introduction to productive hydrobiology. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 150 p (in Russian).

19. Kitaev S.P. Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones. Moskva: Nauka, 1984. 207 p. (in Russian).

20. Pidgayko M.L., Alexandrov B.M., Ioffe C.I., Maksimova L.P., Petrov V.V., Savateeva V.V., Salazkin A.A. Brief biological and production characteristics of reservoirs of the North-West of the USSR. V. 67. Leningrad: GosNIORKh, 1968. P. 205–228 (in Russian).

21. Buseva J.F., Pluta M.V. Feeding of yoy fish in the littoral zone of a shallow lake // Doklady Natsionalnoy akademii nauk Belarusi. 2015. V. 59. No. 3. P. 71–76 (in Russian).

22. Kulikova T.P. Zooplankton of the Bolshoe Oнего Bay and its productivity // Limnological research on the bay of Lake Onega Bolshoe Onego. Leningrad: Zoologicheskii institut, 1982. P. 130–155 (in Russian).

23. Studenov I.I., Tortsev A.M. Practical implementation of measures to preserve aquatic biological resources in the pulp and paper industry: results and their application // Ecology and Industry of Russia. 2020. V. 24. No. 11. P. 66–71 (in Russian). doi: 10.18412/1816-0395-2020-11-66-71