

Научная статья

УДК 597.5:574.5:502.7:504.05 (06)

DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-26-39

Особенности рациона европейской ряпушки (*Coregonus albula*, L.) озера Виштынецкого (Калининградская область) в условиях возрастающей антропогенной нагрузки

Екатерина Владимировна Кривоpuskova¹, Олег Анатольевич Новожилов²

^{1,2} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹ ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2765-4958>

² oleg.novozhilov@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-4845>

Аннотация. В настоящее время исследование влияния эвтрофикации на пищевые предпочтения рыб является одной из основ для понимания процессов трансформации пищевых связей в водных экосистемах. Ихтиоценозы играют ключевую роль в динамике продуктивности водоемов, и изменения в их качественных и количественных характеристиках существенно влияют на первичную продукцию и эвтрофирование экосистем. Европейская ряпушка как планктонофаг демонстрирует высокую пластичность спектра питания, что отражает изменения в окружающей среде. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений изучение рациона ряпушки позволяет оценить состояние ихтиоценоза и темпы эвтрофирования озера. Экосистема озера Виштынецкого в последние годы претерпевает значительные изменения, что отображается не только на состоянии биоты, но и влияет на трофические связи в ней. Европейская ряпушка озера Виштынецкого, являясь ценным видом и в других водоемах своего ареала, остро реагирует на данные изменения, в частности, трансформацией спектра питания. В то же время как массовый планктонофаг она может влиять на процессы эвтрофирования и использоваться в качестве объекта при биоманипуляциях средой. Исследования спектра питания проводились в летний период 2022 г. Основными компонентами рациона ряпушки являются ветвистоусые и веслоногие ракообразные, а также представители зообентосного сообщества. Результаты показали, что рацион ряпушки достаточно стабилен, но подвержен изменениям вследствие перемены температурных условий и антропогенных факторов. Эти изменения отражают трансформацию экосистемы озера, связанную с увеличением потока аллохтонных веществ и изменением биохимической активности биоты.

Ключевые слова: европейская ряпушка, озеро Виштынецкое, спектр питания, национальный парк «Виштынецкий», рекреационная нагрузка.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания, тема № 122030900052-6 «Развитие методов оценки допустимой добычи и рыбохозяйственного мониторинга ВБР, ОДУ на которые не устанавливается, во внутренних водоемах Калининградской области».

© Кривоpuskova Е. В., Новожилов О. А., 2025

Для цитирования: Кривоpuskova Е. В., Новожилов О. А. Особенности рациона европейской ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого (Калининградская область) в условиях возрастающей антропогенной нагрузки // Известия КГТУ. 2025. № 77. С. 26–39. DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-26-39.

Original article

Features of the diet of the vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in conditions of the increasing anthropogenic load

Ekaterina V. Krivopuskova¹, Oleg A. Novozhilov²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹ ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2765-4958>

² oleg.novozhilov@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9776-4845>

Abstract. Currently, the study of the effect of eutrophication on the food preferences of fish is one of the foundations for understanding the processes of transformation of food chains in aquatic ecosystems. Ichthyocenoses play a key role in the dynamics of water body productivity. Changes in their qualitative and quantitative characteristics bear a significant influence on primary production and eutrophication of ecosystems. Vendace, as a plankton feeder, demonstrates high plasticity of the food spectrum, which reflects the environmental changes. In the context of increasing anthropogenic load and climate change, the study of vendace diet allows to assess the state of the ichthyocenosis and the rate of eutrophication of the lake. The ecosystem of lake Vishtynetskoye has undergone significant changes in the past few years, which is reflected not only in the state of the biota, but also affects the trophic relationships in it. Vendace of lake Vishtynetskoye, being valuable species, as in other water bodies of its range, sharply reacts to these changes, including a change in the food spectrum. At the same time, being mass plankton feeder, it can affect eutrophication processes and it can be used as one of the objects in environmental biomanipulation. The food spectrum studies were conducted in summer 2022. The main components of vendace diet are cladocerans and copepods, as well as representatives of the zoobenthic community. The results showed that the diet of vendace is quite stable, but changeable due to some changes in temperature conditions and anthropogenic factors. These changes reflect transformations in the lake ecosystem associated with an increase in the flow of allochthonous substances and a change in the biochemical activity of the biota.

Keywords: vendace, Lake Vishtynetskoye, food spectrum, Vishtynetsky National Park, recreational load.

Funding: the research has been carried out within the framework of the state assignment topic No. 122030900052-6 "Development of methods for assessing the permissible catch and fishery monitoring of aquatic biological resources, for which the TAC is not established, in inland waters of the Kaliningrad region".

For citation: Krivopuskova E. V., Novozhilov O. A. Features of the diet of the European vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in conditions of increasing anthropogenic load. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(77):26–39. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-77-26-39.

ВВЕДЕНИЕ

Ихтиоценозы играют важную роль в динамике продуктивности озер. Вне зависимости от размера водного объекта изменения в качественных и количественных характеристиках рыбного сообщества закономерно приводят к изменениям в первичной продукции, которая в свою очередь характеризует процессы эвтрофирования экосистем. Учитывая возрастающий интерес к моделированию процессов эвтрофирования водоемов, изучение влияния пищевых предпочтений рыб становится значимой задачей. Так, без анализа объемов «выедания» ихтиоценозами фитопланктонных и зоопланктонных сообществ невозможно дать полноценную и достоверную оценку процессам эвтрофирования и динамики первичных продуцентов, в особенности в экосистемах, где рыбы-планктонофаги играют центральную роль.

Как показывает анализ [1], планктонофаги демонстрируют высокую пластичность спектра питания в зависимости от особенностей среды обитания, доступности кормовых объектов и своего пространственного распределения. В изменяющихся условиях среды изменения качественных и количественных характеристик спектра питания могут свидетельствовать о появлении «дестабилизирующих» факторов в среде. В первую очередь такие изменения затрагивают рационы именно рыб-планктонофагов, к которым и относится европейская ряпушка. Так, например, аномальные температурные условия в период нагула европейской ряпушки, низкие температуры, не позволяющие сформироваться термоклин и не «запирающие» ее в пелагиале, могут отражаться в присутствии в рационе представителей зообентосного сообщества, приуроченного к мелководной (хорошо прогреваемой) зоне [2].

Появление дестабилизирующих факторов в первую очередь связывают с развитием рекреационной и хозяйственной деятельности человека в пределах водосборного бассейна водоемов и водотоков, особенно в их прибрежной части, что приводит к увеличению потока аллохтонных веществ в их мелководные биотопы. В настоящее время данные участки отличаются наибольшей нестабильностью экологических условий, в то же время именно здесь формируются основные объемы первичной продукции, на которой в дальнейшем основываются все трофические связи в экосистеме. Влияние антропогенного воздействия может приводить к нарушению термического режима, процессов формирования биологической продукции и трансформации органического и биогенных веществ, также изменения абиотических факторов отражаются в изменении биохимической активности биоты [2, 3]. Кроме того, возрастающая антропогенная нагрузка на прибрежные акватории приводит к изменению качественных и количественных характеристик фито- и зоопланктонных сообществ, смене доминирующих групп и нарушениям в сезонной динамике популяций.

Озеро Виштынецкое – уникальный природный объект на территории Калининградской области, который длительное время не привлекал большого количества отдыхающих на свое побережье. Главными причинами, отталкивающими отдыхающих, были удаленность от крупных административных центров, слабое развитие дорожной сети и сопутствующей инфраструктуры, большой интерес к морскому побережью. Еще одним ограничивающим фактором стал особый юридический статус озера – по его акватории проходит российско-литовская граница,

тем не менее в последние годы увеличилось количество отдыхающих в прибрежной части и койко-мест на базах отдыха. Возросший поток отдыхающих приводит к изменениям в экосистемах озера, особенно это заметно в зонах оборудованных пляжей и «неорганизованного» кемпинга [4]. В первую очередь такие изменения связаны с увеличением поступления органического и биогенных веществ, что оказывает прямое влияние на фито- и зоопланктон и косвенное на ихтиоценозы. Особенностью ихтиоценоза озера Виштынецкого, делающего его уникальным для Калининградской области, является присутствие в нем двух представителей арктического фаунистического комплекса рода *Coregonus* – сига обыкновенного (*Coregonus lavaretus*, Linnaeus, 1758) и европейской ряпушки (*Coregonus albula*, Linnaeus, 1758). Обе популяции – промысловые, популяция европейской ряпушки в Калининградской области обитает только в этом озере.

Европейская ряпушка *Coregonus albula* (L.) – это стайный среднеразмерный вид, обитающий в пелагической части озер Северной Европы, а также в Финском и Ботническом заливах. Как и другие представители рода *Coregonus*, европейская ряпушка предпочитает водоемы с высоким содержанием кислорода и низкой температурой. Это типичный вид планктонофага, однако в период гомотермии в питании половозрелых особей могут встречаться и представители зообентоса. Ввиду этих особенностей европейская ряпушка остро реагирует на изменения в окружающей среде, в особенности, связанные с изменением климата и антропогенной нагрузкой. Исследования [2, 5, 6] популяций данного вида в мезотрофных и эвтрофных озерах показали, что в первую очередь происходит увеличение темпов роста и закономерное изменение размерной структуры популяции при сохранении возрастной, что связано с возросшим объемом доступной кормовой базы.

Имеющую промысловую значимость в озере Виштынецком ряпушку относят к виду-индикатору процессов эвтрофирования. Исследования структурных показателей данной популяции проводятся ежегодно. В последние годы остро стоит вопрос о поиске закономерностей между экологическим состоянием пелагической части озера и параметрами популяции европейской ряпушки как наиболее массового вида пелагиали (составляет до 90 % численности и до 80 % биомассы от всего пелагического ихтиоценоза) [7].

Ввиду вышеуказанных особенностей анализ структуры популяции, наряду с результатами исследования питания европейской ряпушки и анализа пищевых компонентов других планктоноядных видов, может быть использован для получения оценки не только состояния ихтиоценоза и напряженности трофических связей в нем, но и темпов эвтрофирования озера Виштынецкого. В рамках данного исследования авторы выявили главные особенности рациона европейской ряпушки в современных изменяющихся условиях, которые в дальнейшем могут быть использованы для корректировки планов управления популяцией и разработки природоохранных мер для сохранения всей экосистемы озера.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Озеро Виштынецкое расположено на юго-востоке Калининградской области, на границе Российской Федерации, Литовской Республики и Республики Польша, в Национальном парке «Виштынецкий». Это типичное олиготрофное

озеро, находящееся в процессе экологической трансформации под воздействием естественных и антропогенных факторов. В настоящее время трофический уровень сильно различается между прибрежной частью акватории и ее открытой частью, в целом прибрежные участки оцениваются как мезотрофные, тогда как пелагиальная зона считается олиготрофной, но уже с чертами мезотрофности [8].

Данный водоем находится на окраине Виштынецкой возвышенности, имеет ледниковое происхождение и входит в мазурскую озерную систему [8]. Площадь акватории составляет 18,3 тыс. га, максимальная глубина – 54 м, средняя – 20 м. Пелагическая зона озера занимает более 50 % всей площади (рис. 1).

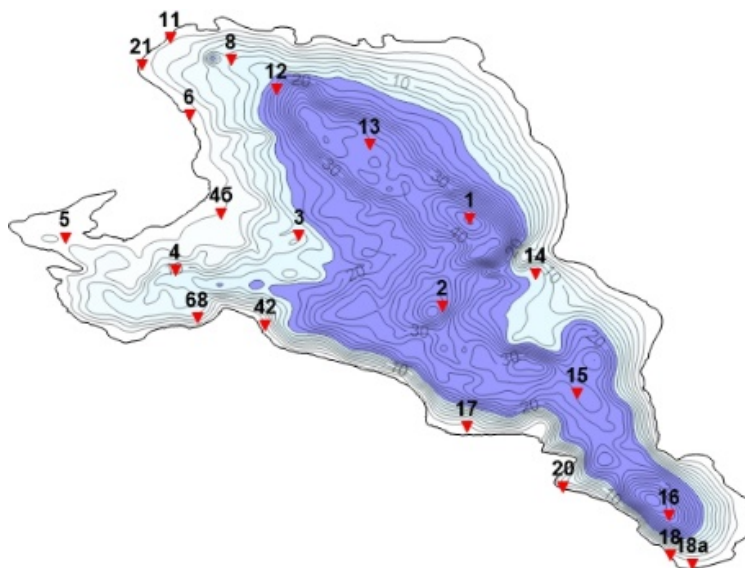


Рис. 1. Пелагиальная часть озера Виштынецкого
Fig. 1. Pelagic zone of the Vishtynetskoje lake

Одной из главных морфометрических особенностей озера является наличие двух глубоководных котловин – северной (глубина 54 м) и южной (глубина 35 м), разделенных небольшим перешейком глубиной не более 14 м [8]. Именно в этих котловинах в период нагула европейская ряпушка формирует основные скопления, к тому же летняя стратификация в толще способствует увеличению концентрации вида на данных участках и ограничивает доступную кормовую базу. В связи с такими особенностями облов популяции европейской ряпушки для исследования проводился только в этих зонах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования послужили данные, собранные в летний период 2022 г. в рамках мониторинговых работ по оценке состояния промысловых популяций озера. Отбор проб для анализа спектра питания производился параллельно сбору проб зоопланктонного сообщества в рамках мониторинга экологического состояния водоема.

Обловы популяции европейской ряпушки проводились в пелагической зоне озера при помощи разноячейных ставных сетей с шагом ячеи 10, 12, 14, 16,

18 мм, установленных на различных глубинах в пределах южной и северной котловин. Всего в период исследования было отобрано и обработано более 40 образцов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) ряпушки в возрасте 2–5 лет, длиной от 10 до 15 см. Период застоя сетей не превышал 10 ч, для образцов ЖКТ отбирались наиболее свежие особи ряпушки.

Обработка материала выполнялась по стандартным методикам [9, 10] в лабораторных условиях на стереомикроскопе Motic SZM-171 (определение компонентов пищевого комка до рода), более детальная (определение видовой принадлежности) – при помощи исследовательской системы ADF E300B. Идентификация видового состава пищевого комка в основном производилась до вида, а при высокой степени переваренности кормовых объектов – до крупных таксономических групп [10, 11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зоопланктон озера Виштынецкого, являющийся основой кормовой базы европейской ряпушки, представлен в пелагиальной зоне достаточно постоянным доминирующим комплексом видов. Проводимые исследования [12] экосистемы озера показали, что он относительно постоянен вне зависимости от пространственных и временных параметров, однако в последние несколько лет отмечаются изменения в процентном соотношении этих видов в экосистеме. Данный комплекс видов в озере не велик и представлен следующими видами: из ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – это *Daphnia cucullata* (Sars, 1862), *Eubosmina coregoni* (Baird, 1857), *Bosmina longirostris* (Müller, 1785), из веслоногих ракообразных (Copepoda) – *Cyclops strenuus* (Fischer, 1851), *C. scutifer* (Sars, 1863), *Acanthocyclops vernalis* (Fischer, 1853), *Cyclops kolensis* (Lilljeborg, 1901), *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863), *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) и др. [12].

В пространственном распределении зоопланктона имеются закономерные различия, которые отражаются на особенностях качественного и количественного состава питания ряпушки. В пелагиали южной и северной котловин, которая является преимущественным местом обитания ряпушки в летние месяцы, на глубине от 15 до 30–40 м преобладают следующие виды: *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Filinia terminalis* (Plate, 1886), *Daphnia cucullata*, *Eubosmina coregoni*, *Bosmina longirostris*, *Leptodora kindtii*, *Thermocyclops oithonoides*, *Cyclops scutifer*, *Eudiaptomus graciloides*, а также науплиальные и копеподидные формы представителей отряда *Cyclopoida*.

Как уже говорилось ранее, европейская ряпушка является высокоспециализированным планктонофагом и типичным пелагическим видом. В озере Виштынецком ее популяция, согласно исследованиям [7], формирует ядро пелагического ихтиоценоза (доля встречаемости 70 %). В литорали и сублиторали, на участках с глубиной менее 25 м, частота встречаемости резко падает.

В период исследования размерная структура промысловой части популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого была представлена особями длиной от 9 до 17 см. Размерная группа 14 см стала модальной в уловах 2022 г., ее доля составила 26,1 % от всех выловленных рыб данного вида (рис. 2). Эта размерная структура промысловой части популяции остается неизменной на протя-

жении более 15 лет, однако наблюдаются межгодовые колебания модальной группы [13].

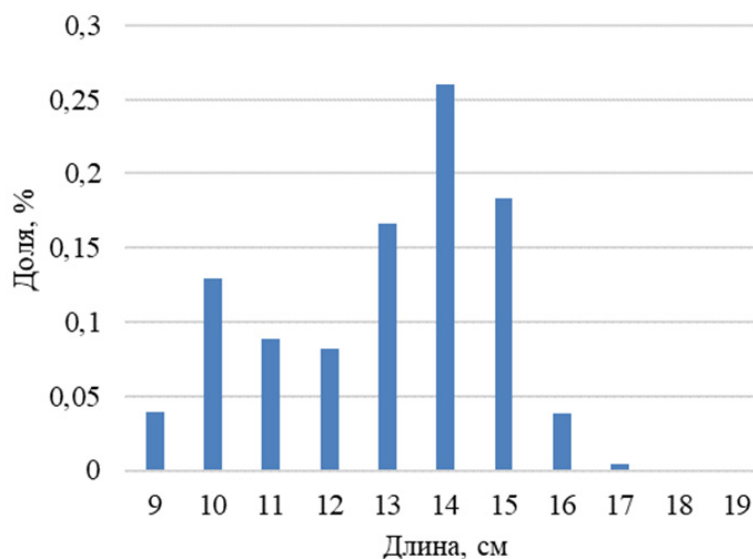


Рис. 2. Размерная структура европейской ряпушки в уловах оз. Виштынецкого в 2022 г. (по численности)

Fig. 2. Size structure of the vendace population in catches in the Vishtynetskoye lake in 2022 (by number)

Доля особей размерами более 16 см достаточно низка, однако в последние годы наблюдается увеличение доли данной размерной группы. Так, в период с 2010 по 2018 гг. эта размерная группа была представлена в уловах единичными особями, с 2020 г. доля «большеразмерных» особей начинает увеличиваться. Относительно низкая численность размерных групп более 15 см закономерно связана с высокой смертностью, в то же время отмеченная тенденция к увеличению их доли в размерной структуре может быть связана с тремя факторами: высоким пополнением, низкой естественной и промысловой смертностью, а также с благоприятным развитием кормовой базы.

В рассматриваемый период в составе пищевого комка европейской ряпушки озера Виштынецкого обнаружено 14 таксономических групп, из них к зоопланктонному сообществу принадлежали только 10, относящихся к массовым пелагическим видам.

В рационе европейской ряпушки главными компонентами были представители ветвистоусых (подотр. Cladocera) и веслоногих ракообразных (подкл. Copepoda). Также единично в питании присутствовали представители класса Insecta (отр. Hydrachnidia, сем. Chironomidae) и сем. Chaoboridae (Chaoborus crystallinus), относящиеся к зообентосному сообществу, у отдельных «малоразмерных» особей (9–10 см) значительную долю пищевого комка составляли водоросли.

Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) в пищевом комке были представлены следующими семействами: Daphniidae, Bosminidae и Leptodoridae. Представители этого подотряда являлись преобладающей группой в питании европейской

ряпушки озера Виштынецкого, их доля составила 77,5 %. Веслоногие ракообразные (Copepoda) представлены отрядами Cyclopoida и Harpacticoida, на их долю приходится 17,42 %. В группу «прочие» были объединены все найденные представители зообентосного сообщества и фитопланктон.

В 2022 г. в пищевом комке европейской ряпушки по численности доминирующими видами среди ветвистоусых ракообразных являлись представители сем. Bosminidae – *Eubosmina coregoni* (54,73 %) и *Bosmina longirostris* (15,47 %). Среди веслоногих ракообразных (Copepoda) доминирующей группой были представители отряда Cyclopoida (14,05 %).

По биомассе также преобладали представители отряда Cladocera (83,4 %). Это связано с их высокой численностью в исследуемых образцах, что закономерно ввиду доминирования данных таксономических групп в пелагической части зоопланктонного сообщества. Биомасса группы «прочее» была мала и составляла 0,04 % от общей биомассы организмов в пищевом комке.

В течение лета 2022 г. главную роль по биомассе в пищевом комке европейской ряпушки играли крупные ветвистоусые ракообразные вида *Daphnia cucullata* (40,34 %), доля веслоногих ракообразных, несмотря на относительно крупные размеры особей, была невысока. Также в ходе исследований обнаружена новая морфа вида *Eubosmina coregoni* – *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, которая не упоминалась в исследованиях предыдущих лет. Она имеет более вытянутую форму, больший размер по сравнению с классической морфой и, соответственно, большую массу. Частота встречаемости вида *Eubosmina coregoni*, включая морфу *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, в 2022 г. составила 58,3 % в пищевом комке.

Как и в предыдущие годы [14], в отдельных образцах ЖКТ зафиксировано множество паразитов в обильной слизи и малое количество пищевых объектов. Самая высокая зараженность приходится на паразита *Proteocephalus exiguus*, что говорит об интенсивном питании ряпушки зоопланктоном, а именно его копепоидными формами представителей подкл. Copepoda. Данный паразит обнаружен в течение всего летнего периода, в кишечнике также находились взрослые паразиты с хорошо сформированной стробилой и совсем молодые формы, что свидетельствует о постоянной инвазии особей европейской ряпушки в озере Виштынецком [14]. Экстенсивность заражения ряпушки очень высокая.

Значимых различий в спектре питания европейской ряпушки с увеличением длины не наблюдалось, что связано с небольшими размерами особей, также отсутствовали значимые различия в расстоянии между жаберными лепестками и жаберными дугами особей разных размерных групп популяции, что характерно для всех «мелких» популяций европейской ряпушки [12]. Зависимость спектра питания от размера особей отмечалась только при сравнении младшевозрастных групп (0+) и старшевозрастных (2+ и более).

Для того чтобы выявить наиболее излюбленные объекты европейской ряпушки в зоопланктонном сообществе озера Виштынецкого, был использован индекс относительной важности IRI (Index of Relative Importance), который позволяет учитывать все недостатки оценки численности, биомасс и частоты встречаемости каждого отдельного вида.

Многочисленные мелкие виды не дают в полной мере оценить значимость малочисленных крупных организмов в питании европейской ряпушки озера Виш-

тынецкого. Согласно литературным источникам они – излюбленные объекты данного вида, к слову, различная активность пищеварения у особей искажает биомассу организмов, а частота встречаемости чувствительна к погрешности выборки. Данный индекс позволяет исключить эти погрешности и выявить наиболее важные компоненты в спектре питания ряпушки (табл. 1). Анализ данных показал, что даже с учетом влияния многочисленных мелких организмов важными пищевыми объектами ($IRI > 10$) были виды *Eubosmina coregoni* и *Bosmina longirostris*, доминирующие по численности и биомассе, также к группе важных объектов можно отнести представителей отряда *Cyclopoida*, вид *Daphnia cucullata* и морфу *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*.

Таблица 1. Индекс относительной важности (IRI)
Table 1. Relative Importance Index (IRI)

Вид	Встречаемость, %	IRI, 2022 г.	IRI, 2012 г. [12]
<i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1776)	77,70	27,56	24,78
<i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer, 1776)	2,8	0,56	–
сем. Chironomidae	16,7	3,51	3,46
подкл. Copepoda	30,5	6,85	6,77
отр. Cyclopoida	58,3	19,85	19,15
<i>Cyclops abyssorum</i> (Sars, 1863)	8,3	1,69	–
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars 1862)	58,3	13,26	15,03
<i>Eubosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	91,7	68,52	67,01
<i>Eubosmina coregoni morpha berolinensis</i> (Baird, 1857)	58,3	14,22	–
отр. Harpacticoida	8,3	1,68	–
отр. Hydrachnidia	38,9	8,87	–
кл. Insecta	8,3	1,70	0,99
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	5,5	1,10	2,14
<i>Megacyclops</i> sp. (Marsh, 1920)	2,8	0,57	–
<i>Sida crystalline</i> (Müller, 1776)	2,8	0,56	–

Сравнительный анализ данных о рационе европейской ряпушки в период 1975–2022 гг. показал (табл. 2), что за последние 50 лет спектр питания особей популяции претерпел некоторые изменения. В 2022 г. в питании ряпушки появляются такие объекты, как *Hydrachnidia*, *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, *Sida crystalline*, которые отмечались в предыдущих исследованиях.

К неизменным пищевым объектам можно отнести *Daphnia cucullata*, различных представителей отр. *Cyclopoida*, *Eubosmina coregoni* и *Leptodora kindtii*. Однако необходимо отметить, что по сравнению с предыдущими годами *Leptodora kindtii* в 2022 г. представлена единичными экземплярами в ЖКТ, тогда как ранее частота встречаемости данного вида была намного больше. Вид *Bythotrephes longimanus balticus* с 2012 г. не отмечен в рационе европейской ряпушки, хотя согласно прошлым исследованиям являлся излюбленным объектом питания.

Таблица 2. Сравнительный анализ спектра питания европейской ряпушки в озере Виштынецком в различные годы

Table 2. Comparative analysis of the food spectrum of the vendace in Lake Vishtynetskoje in different years

Вид	1975	1987	2012 [12]	2022
<i>Eubosmina coregoni</i> (Baird, 1857)	+	–	+	+
<i>Eubosmina coregoni morpha berolinensis</i> (Baird, 1857)	–	–	–	+
<i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1776)	–	+	–	+
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars 1862)	–	+	+	+
<i>Daphnia cristata</i> (Sars 1861)	+	+	–	–
<i>Daphnia longispina</i> (Müller, 1785)	+	–	–	–
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	+	+	+
<i>Sida crystalline</i> (Müller, 1776)	–	–	–	+
<i>Chidorus sphaericus</i> (Kurz, 1874)	+	+	+	–
<i>Bythotrephes longimanus balticus</i> (Leydig, 1860)	+	+	+	–
<i>omp. Cyclopoida</i> (Burmeister, 1834)	+	+	+	+
<i>Cyclops abyssorum</i> (Sars, 1863)	+	–	–	+
<i>Megacyclops sp.</i> (Marsh, 1920)	+	–	–	+
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	–	+	–	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+	–	–
<i>Cyclops scutifer</i> (Sars, 1863)	–	+	–	–
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lillijeborg, 1888)	+	–	+	–
<i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer, 1776)	–	–	+	+

В целом спектр питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в полной мере отражает структуру зоопланктонного сообщества его пелагиальной зоны. Изменения, отмеченные в результате исследования, наблюдаются также в структуре зоопланктона. Вид *Bythotrephes longimanus balticus* практически не встречается в озере и полностью отсутствует в рационе исследуемого объекта, доли видов *Leptodora kindtii*, *Eudiaptomus graciloides* и *Heteroscope appendiculata* в окружающей среде также низки.

Европейская ряпушка является одним из массовых видов ихтиоценоза озера Виштынецкого и наряду с абиотическими факторами своим пищевым поведением влияет на структурные показатели зоопланктонного сообщества. Увеличение пресса хищника в периоды «высоких концентраций» в пелагиальной зоне озера закономерно приводит к уменьшению средних размеров и снижению численности, в отдельных случаях до полного исчезновения крупных форм зоопланктона. Одной из главных причин более высокого пресса хищника на крупноразмерные виды зоопланктонного сообщества пелагиали со стороны европейской ряпушки является особенность пищевого поведения, а именно использование зрительных органов при добывании пищи, поэтому видовой состав рациона зависит не только от качественной структуры зоопланктона, но и от оптических характеристик окружающей среды и заметности кормовых организмов. К таким видам, с

высокой заметностью, относятся *Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus balticus*, *Heteroscope appendiculata*.

Большие и неспособные в полной мере противостоять течению ветвистоусые рачки (*Cladocera*), в особенности *Daphnia* sp., зачастую служат кормовым объектом для европейской ряпушки. Мелкие кладоцеры (*Cladocera*), такие как *Eubosmina* sp., используются в пищу в большом количестве, когда они обильны в окружающей среде, а крупные ветвистоусые редки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Являясь основой кормовой базы европейской ряпушки озера Виштынецкого, зоопланктон как сообщество короткоцикловых видов по сравнению с зообентосом или ихтиофауной при формировании биомассы более чувствителен к влиянию физико-химических параметров среды. Следовательно, его видовой состав изменяется в более короткие сроки в межсезонном и годовом аспектах, что связано с изменением абиотических факторов в среде обитания. В то же время он обеспечивает благополучное функционирование ихтиоценоза, в особенности популяций рыб-планктонофагов. Сдвиг пиков развития в сезонной динамике зоопланктонного сообщества при несовпадении с циклами развития рыб, особенно в период формирования основного пополнения популяций, может стать катастрофическим, а формирование избыточной биомассы зоопланктона – привести к увеличению темпов линейного роста в популяции и включению в промысел относительно крупных неполовозрелых особей, что также влияет на воспроизводительные способности отдельных популяций, например, европейской ряпушки [15].

Спектр питания европейской ряпушки озера Виштынецкого зависит от ряда факторов, таких как структурные показатели кормовой базы и уровень ее развития, температура воды, хищничество, стадия развития рыбы. Также для данного вида характерны незначительные различия в спектре питания в зависимости от размера, за исключением младшевозрастных групп (0+), ввиду отсутствия возрастной разницы расстояний между жаберными лепестками на жаберных тычинках [12].

В целом рацион европейской ряпушки достаточно стабилен на протяжении длительного периода исследования и представлен 14 основными таксономическими группами. Главными компонентами ее рациона являются представители отряда Cyclopoida и сем. Bosmiidae, но их соотношение существенно зависит от температурных условий в водоеме. Изменения в качественном и количественном составе питания ряпушки приурочены к аномально теплым периодам, а также периодам гомотермии.

В то же время наблюдаются многолетние изменения спектра питания исследуемой популяции, отражающие изменения, происходящие в экосистеме озера на более низких трофических уровнях и связанные с увеличивающимися темпами антропогенной нагрузки, изменениями в водном балансе озера и климатическими изменениями в регионе. Кроме этого, наблюдаемые особенности и видовые структуры пищевого комка в полной мере отражают аномалии в пространственном распределении популяции.

Список источников

1. Стрельникова А.П., Березина Н.А. Разнообразие пищевого спектра ряпушки в водоемах Евразии // Трансформация экосистем. 2021. № 4(3). С. 1–15 DOI: 10.23859/estr-210329.
2. Abiotic factors as a long-term stressor for the vendace fisheries in Lake Ińsko (European Central Plains Ecoregion, Poland) / P. Czerniejewski, A. Strzelczak, S. Machula, M. Martinez-Bracero // Journal of Water and Land Development. Special Issue. 2022. P. 24–33. DOI: 10.24425/jwld.2022.143718.
3. Droppers B., Franssen W. H. P., Van Vliet M. T. H., Nijssen B., Fulco L. Simulating human impacts on global water resources using VIC-5 // Geoscientific Model Development. 2020. V. 13. P. 5029–5052. DOI: 10.5194/gmd-13- 5029-2020.
4. Krivopuskova E., Tzvetkova N. Assessment of the trophic status of the coastal area of lake Vistytis (Kaliningrad region) by hydrochemical parameters // Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering. Springer. 2022. P. 41-51. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_5.
5. Šarvala J., Helminen H., Ventelä A-M. Overfishing of a small planktivorous freshwater fish, vendace (*Coregonus albula*), in the boreal lake Pyhäjärvi (SW Finland), and the recovery of the population // Fisheries Research. 2020. N 230. P.105664. DOI:10.1016/j.fishres.2020.105664.
6. Lehtonen T. K., Gilljam D., Veneranta L., Keskinen T., Nord M.B. The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea // Journal of Fish Biology. 2023. V. 2. P. 1–13. DOI: 10. 1111/jfb.15542.
7. Aldushin A., Shibaev S. Prospects of Development of Small-Scale Fisheries of Vendace in Lake Vistytis, Kaliningrad Oblast, Russia // Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering. Springer. 2022. P. 85-96. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_9.
8. Берникова Т. А. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое / под ред. К. В. Тылика, С. В. Шибаева. Калининград, 2008. С. 20–40.
9. Методические рекомендации по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / под ред. Е. В. Боруцкого. Москва: Наука, 1974. 253 с
10. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: в 2 т / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2010. Т. 1. 495 с.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т / под ред. С. Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 1995. Т. 2. 627 с.
12. Характеристика состава пищи ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого (Калининградская область) / Е. В. Кривоpuskova, Е. А. Масюткина, А. В. Соколов, М. Н. Шибаев // Известия КГТУ. 2014. № 32. С. 107–115.
13. Кривоpuskova Е.В., Соколов А.В. Изменения размерно-возрастной структуры популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого

(Калининградская область) в период с 2007 по 2016 гг. // Вестник молодежной науки. 2017. № 3 (10). С. 23.

14. Паразитофауна ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого / Е. Б. Евдокимова, С. К. Заостровцева, Е. В. Авдеева, С. В. Шibaев, Е. А. Григоренко // Известия КГТУ. 2018. № 50. С. 48–56.

15. Wanke T. S., Brämick U., Mehner T. Fast Somatic Growth May Cause Recruitment Overfishing in Vendace (*Coregonus albula*) Gillnet Fisheries // *Annales Zoologici Fennici*. 2021. N 58. P. 271–287. DOI:10.5735/086.058.0412.

References

1. Strel'nikova A. P., Berezina N. A. Raznoobrazie pishchevogo spektra ryapushki v vodoemakh Evrazii [Diversity of food spectra of vendace in the water bodies of Eurasia]. *Transformatsiya ekosistem*, 2021, no. 4 (3), pp. 1–15. DOI: 10.23859/estr-210329.

2. Czerniejewski P., Strzelczak A., Machula S., Martinez-Bracero M. Abiotic factors as a long-term stressor for the vendace fisheries in Lake Insko (European Central Plains Ecoregion, Poland). *Journal of Water and Land Development. Special Issue*. 2022. P. 24–33. DOI: 10.24425/jwld.2022.143718.

3. Droppers B., Franssen W. H. P., Van Vliet M. T. H., Nijssen B., Fulco L. Simulating human impacts on global water resources using VIC-5. *Geoscientific Model Development*. 2020. V. 13. P. 5029–5052. DOI: 10.5194/gmd-13-5029-2020.

4. Krivopuskova E., Tzvetkova N. Assessment of the trophic status of the coastal area of lake Vistytis (Kaliningrad region) by hydrochemical parameters. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering*. Springer, 2022. P. 41–51. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_5.

5. Sarvala J., Helminen H., Ventelä A-M. Overfishing of a small planktivorous freshwater fish, vendace (*Coregonus albula*), in the boreal lake Pyhäjärvi (SW Finland), and the recovery of the population. *Fisheries Research*. 2020. N 230. P. 105664. DOI: 10.1016/j.fishres.2020.105664.

6. Lehtonen T. K., Gilljam D., Veneranta L., Keskinen T., Nord M. B. The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology*. 2023. V. 2. P. 1–13. DOI: 10.1111/jfb.15542.

7. Aldushin A., Shibaev S. Prospects of Development of Small-Scale Fisheries of Vendace in Lake Vistytis, Kaliningrad Oblast, Russia. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering*. Springer. 2022. P. 85–96. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9_9.

8. Bernikova T. A. *Fiziko-geograficheskaya i gidrologicheskaya kharakteristika* [Physical-geographical and hydrological characteristics]. *Ozero Vishtynetskoe*. Pod red. K. V. Tylika, S. V. Shibaeva. Kaliningrad, 2008, pp. 20–40.

9. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu pitaniya i pishchevykh otnosheniy ryb v estestvennykh usloviyakh* [Methodological recommendations for studying the nutrition and food relationships of fish in natural conditions]. Pod red. E. V. Borutskogo. Moscow, Nauka Publ., 1974, 253 p.

10. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii: v 2 t* [Identifier of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia: in 2 volumes]. Pod red. V. R. Alekseeva, S. Ya. Tsalolikhina. Moscow, T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2010, vol. 1, 495 p.
11. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy: v 6 t* [Identifier of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories: in 6 volumes]. Pod red. S. Ya. Tsalolikhina. SPb, Nauka Publ., 1995, vol. 2, 627 p.
12. Krivopuskova E. V., Masyutkina E. A., Sokolov A. V., Shibaev M. N. Kharakteristika sostava pishchi ryapushki (*Coregonus albula*, L) озера Vishtynetskogo (Kaliningradsкая область) [Characteristics of the food composition of vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region)]. *Izvestiya KGTU*, 2014, no. 32, pp. 107–115.
13. Krivopuskova E. V., Sokolov A. V. Izmeneniya razmerno-vozrastnoy struktury populyatsii evropeyskoy ryapushki озера Vishtynetskogo (Kaliningradsкая область) v period s 2007 po 2016 gg. [Changes in the size and age structure of the vendace population of Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in the period from 2007 to 2016]. *Vestnik molodezhnoy nauki*, 2017, no. 3 (10), p. 23.
14. Evdokimova E. B., Zaostrovitseva S. K., Avdeeva E. V., Shibaev S. V., Grigorenko E. A. Parazitofauna ryapushki (*Coregonus albula*, L) озера Vishtynetskogo [Parasitic fauna of vendace (*Coregonus albula*, L) of Lake Vishtynetskoe]. *Izvestiya KGTU*, 2018, no. 50, pp. 48–56.
15. Wanke T. S., Brämick U., Mehner T. Fast Somatic Growth May Cause Recruitment Overfishing in Vendace (*Coregonus albula*) Gillnet Fisheries. *Annales Zoologici Fennici*. 2021. N 58. P. 271–287. DOI:10.5735/086.058.0412.

Информация об авторах

Е. В. Кривоpuskova – научный сотрудник Института рыболовства и аквакультуры

О. А. Новожилов – кандидат биологических наук, доцент, директор Института рыболовства и аквакультуры

Information about the authors

E. V. Krivopuskova – research fellow at the Institute of Fisheries and Aquaculture

O. A. Novozhilov – PhD in Biology, associate professor, director of the Institute of Fisheries and Aquaculture

Статья поступила в редакцию 06.03.2025; одобрена после рецензирования 16.03.2025; принята к публикации 26.03.2025.

The article was submitted 06.03.2025; approved after reviewing 16.03.2025; accepted for publication 26.03.2025.