

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНВАЗИВНОГО МОЛЛЮСКА *VIVIPARUS VIVIPARUS* (LINNAEUS, 1758) (MOLLUSCA, GASTROPODA) НА БИОХИМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО КОРМОВОЙ БАЗЫ РЫБ НА УЧАСТКЕ РЕКИ ОБЬ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2025 Гладышев М.И.^{a,b*}, Андрущенко С.В.^{a,b**}

^a Институт биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, 660036, Россия

^b Сибирский федеральный университет, Красноярск, 660041, Россия

email: *glad@ibp.ru, **sv.shelekhina@mail.ru

Поступила в редакцию 31.07.2025. После доработки 01.10.2025. Принята к публикации 03.11.2025

Проведена оценка воздействия инвазивного брюхоного моллюска *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) на биохимическое качество кормовой базы рыб на участке р. Обь в нижнем бьефе водохранилища. Установлено снижение средневзвешенного содержания физиологически ценных полиненасыщенных жирных кислот – эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) – в биомассе зообентоса после инвазии *V. viviparus*. Однако биомасса, продукция и продуктивность по ЭПК и ДГК аборигенного зообентоса остались на прежнем уровне, поскольку инвазивный моллюск занял свободную пищевую нишу. Бентоядные рыбы на исследованном участке реки после инвазии *V. viviparus* потенциально могут получать с продукцией зообентоса такое же, как и ранее, количество полиненасыщенных жирных кислот, необходимых для успешного роста и развития.

Ключевые слова: инвазия, зообентос, *Viviparus viviparus*, продукция, жирные кислоты, биохимическое качество

DOI: 10.35885/1996-1499-18-4-45-53

Введение

Биологические инвазии чужеродных видов, интенсивность которых особенно возросла со второй половины XX века, как известно, представляют существенную опасность для функционирования аборигенных экосистем из-за своей необратимости и непредсказуемости последствий [Дгебуадзе, 2023]. Негативные последствия инвазий, как правило, состоят в снижении биоразнообразия за счёт изменения видами-вселенцами местообитаний аборигенных видов (эдикация), конкуренции, хищничества и паразитизма [Дгебуадзе, 2023]. Однако, если межпопуляционные взаимодействия – трофические и топические – при инвазиях сравнительно хорошо изучены, гораздо менее известными остаются не прямые метаболические эффекты, влияющие на функционирование экосистем и связанные с биохимическими особенностями видов-вселенцев [Дгебуадзе и др., 2023].

Одной из важных биохимических характеристик биомассы организмов и потоков вещества в трофических сетях природных экосистем является содержание длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 (ПНЖК), а именно эйкозапентаеновой (20:5n-3, ЭПК) и докозагексаеновой (22:6n-3, ДГК) кислот. ЭПК и ДГК играют ключевую роль в функционировании нервной и сердечно-сосудистой систем и мышечной ткани многих беспозвоночных и позвоночных животных, включая человека [Gladyshev & Sushchik, 2019]. Считается, что в водных экосистемах при инвазиях бентосных организмов, принадлежащих к таксонам, для которых характерно сравнительно низкое содержание ЭПК и ДГК, например моллюсков, вытесняющих таксоны с высоким содержанием этих ПНЖК (насекомых, ракообразных), снижается биохимическое качество кормовой базы рыб [Makhutova et al., 2016]. Однако данные о содержании ЭПК и

ДГК в биомассе тех или иных звеньев трофической сети ($\text{мг} \cdot \text{г}^{-1}$) не позволяют в полной мере судить о потоках ПНЖК в экосистеме. Для определения потоков необходимо оценивать продуктивность по ЭПК и ДГК ($\text{мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут.}^{-1}$), то есть количество этих ПНЖК, поступающее с нижнего на верхний трофический уровень, в составе биологической продукции, или добываемое человеком в уловах [Борисова и др., 2016; Гладышев, 2018; Gladyshev & Sushchik, 2019; Дгебуадзе и др., 2023]. Таким образом, для определения биохимических последствий инвазии недостаточно знать лишь изменения видового состава сообщества и связанного с ним содержания ЭПК и ДГК в отдельных видах, а необходимо оценивать изменения биологической продукции.

До строительства Новосибирской ГЭС на р. Обь в 1936–1949 гг. отмечалась сравнительно низкая биомасса зообентоса на песчаном грунте, в пределах $0,04\text{--}0,82 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, представленная в основном личинками хирономид [Романова, 1963]. В конце 90-х гг. в Обском водохранилище по неизвестным причинам началось вселение, а затем и массовое распространение брюхоногого моллюска – речной живородки *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758), что, как считается, послужило причиной снижения биоразнообразия и рыбопродуктивности водоёма [Винарский и др., 2015; Яныгина, 2016; Яныгина и др., 2020]. Однако в р. Обь в нижнем бьефе водохранилища ещё в 2009–2013 гг. *V. viviparus* не встречался, и биомасса зообентоса, как и ранее, составляла

в среднем $0,38 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ [Визер, 2015; Визер и др., 2019].

Начиная с 2018 г. на данном участке р. Обь, как и ранее в Обском водохранилище, стали отмечать значительное развитие брюхоногого моллюска *V. viviparus* и, как следствие, увеличение общей биомассы зообентоса [Визер и др., 2019; Яныгина и др., 2020]. В 2021–2023 гг. этот моллюск уже доминировал в биомассе зообентоса, достигая на отдельных участках реки рекордных значений в $1,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ ввиду массового размножения и агрегированного распределения речной живородки [Визер и др., 2024].

Задачей настоящей работы была оценка влияния вселенца *V. viviparus* на участке р. Обь в нижнем бьефе водохранилища на биохимическое качество зообентоса как кормовой базы рыб, а именно на продуктивность по ЭПК и ДГК.

Материал и методика

Пробы зообентоса собирали на глубине до 0,5 м круговым скребком Дулькейта в августе 2021 г., с мая по сентябрь 2022 г. и в августе 2023 г. Четыре станции сбора проб зообентоса были расположены на левом и правом берегах р. Обь выше и ниже впадения притоков первого порядка – рек Иня и Тула (рис. 1): выше устья р. Иня (54.955571°N , 83.028871°E), ниже устья р. Иня (54.998991°N , 82.948138°E), выше устья р. Тула (54.949975°N , 83.000253°E), ниже устья р. Тула (54.992487°N , 82.932774°E).



Рис. 1. Карта расположения станций сбора проб зообентоса в р. Обь: 1 и 3 – станции на левом берегу; 2 и 4 – станции на правом берегу.

Грунт на станциях 1 и 3 – песчаный, на станции 2 – песчано-илистый, на станции 4 – илисто-песчаный.

Собранные пробы промывали через капроновые сита из мельничного газа с ячейей 224 мкм для отделения донных беспозвоночных животных от грунта. Пробы зообентоса разбирали и фиксировали 80%-ным этанолом в течение суток для проведения последующей камеральной обработки. В лабораторных условиях проводили идентификацию видов и подсчёт численности донных беспозвоночных. Биомассу зообентоса определяли после удаления излишка воды фильтровальной бумагой, взвешивая на аналитических весах HR 150AZ (A&D, Япония) с точностью до 0,1 мг.

Долю различных таксонов (D , %) в общей биомассе зообентоса рассчитывали, как:

$$D = \frac{B_i}{\sum_{i=1}^n B_i} \cdot 100\%,$$

где B_i – биомасса i -го таксона ($\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$).

Температуру воды для расчёта продукции зообентоса измеряли ручным термометром DT 131 (СЕМ, Китай) с точностью 0,1°C. Средняя за вегетационный сезон температура воды в р. Обь составляет 19,1°C [Андрущенко и др., 2024].

Пробы зообентоса для анализа жирных кислот (ЖК) собирали дополнительно в августе 2023 г. Донных беспозвоночных животных разбирали по таксономическим группам и выдерживали в течение суток в ёмкостях с водой комнатной температуры для очищения кишечных трактов. Излишек жидкости с организмов удаляли фильтровальной бумагой, взвешивали на аналитических весах и фиксировали смесью хлороформ : этанол (2:1) для экстрагирования липидной фракции. После в пробы добавляли внутренний стандарт, представленный метиловым эфиром жирной кислоты 19:0, проводили гомогенизацию и двухстадийный метанолиз [Gladyshev et al., 2016]. Анализ метиловых эфиров жирных кислот проводили на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектором (модель 7890A/7000 QQQ, «Agilent Technologies», США). По полученным данным определяли состав биомаркерных (пищевых) жирных кислот для установления спектров питания

таксономических групп зообентоса и проводили расчёт суточной продукции (P , $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) и продуктивности зообентоса по ЭПК и ДГК (E , $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) [Андрущенко и др., 2024]. Поскольку наличие толстой раковины и оперкулума у *V. viviparus* существенно снижает либо делает невозможным его потребление рыбами [Винарский и др., 2015; Яныгина и др., 2020], были использованы два варианта расчётов продукции зообентоса и его продуктивности по ЭПК и ДГК: вселенец не является (1) и является (2) компонентом кормовой базы рыб. В первом случае при расчётах использовалась биомасса зообентоса без учёта *V. viviparus*, во втором – учитывались все таксоны зообентоса, включая инвазивный вид.

Средневзвешенное содержание суммы эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот (C , $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1}$ сырой массы) в кормовых организмах рассчитывали следующим образом:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \cdot S_i}{100},$$

где D_i – доля i -го таксона в общей биомассе зообентоса (%), S_i – содержание ЭПК и ДГК в i -м таксоне ($\text{мг} \cdot \text{г}^{-1}$ сырой массы).

Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$. Расчёт средних и стандартных ошибок, многомерный канонический анализ соответствия и расчёт критерия Стьюдента проводили с помощью стандартного пакета программ STATISTICA – 9 (StatSoft, США).

Результаты

В составе донной фауны р. Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС за весь период исследования было обнаружено 69 видов зообентоса из 15 таксономических групп, представленных брюхоногими (Gastropoda) и двустворчатыми моллюсками (Bivalvia), подёнками (Ephemeroptera), ручейниками (Trichoptera), стрекозами (Odonata), пиявками (Hirudinea), жуками (Coleoptera), малощетинковыми червями (Oligochaeta), разноногими раками (Amphipoda), вислокрылками (Megaloptera), клопами (Hemiptera) и двукрылыми (Diptera), среди которых были комары-звонцы или хирономиды (Chironomidae),

Таблица 1. Структурно-функциональные характеристики зообентоса – кормовой базы рыб (средние значения ± стандартная ошибка SE) в р. Обь в нижнем бьефе водохранилища в вегетационные сезоны без учёта и с учётом биомассы инвазивных моллюсков *Viviparus viviparus* как компонента кормовой базы

Характеристика	До инвазии <i>V. viviparus</i> (2008–2013 гг., по Визер, 2015)	После инвазии <i>V. viviparus</i> (2021–2023 гг., по Андрущенко и др., 2024)			
		без учёта <i>V. viviparus</i>	p_1	с учётом <i>V. viviparus</i>	p_2
B (г·м ⁻²)	0,38±0,10	0,78±0,31	>0,05	3,09±1,40	>0,05
P (г·м ⁻² ·сут ⁻¹)	0,038±0,001	0,054±0,029	>0,05	0,095±0,048	>0,05
C (мг·г ⁻¹)	3,39±0,20	2,65±0,06	<0,05	1,38±0,13	<0,01
E (мг·м ⁻² ·сут ⁻¹)	0,11±0,02	0,14±0,07	>0,05	0,15±0,08	>0,05

Примечание. B – биомасса (сырой вес); P – продукция; C – средневзвешенное содержание суммы эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот в кормовых организмах; E – продуктивность кормовых организмов по сумме ЭПК+ДГК; p_1 и p_2 – достоверность различий по критерию Стьюдента между средними значениями до инвазии и после инвазии с учётом и без учёта инвазивных моллюсков соответственно. Достоверные различия выделены жирным шрифтом.

мокрецы (Ceratopogonidae), болотницы (Limoniidae) и мошки (Simuliidae). Биомасса зообентоса составила 3,09±1,40 г·м⁻² (табл. 1).

Основной вклад в биомассу зообентоса в 2021–2023 гг. вносили брюхоногие моллюски, а именно *V. viviparus*. Доля *V. viviparus* в общей биомассе донных беспозвоночных составила 49,4±2,8 % (табл. 2).

До инвазии наибольший вклад в биомассу зообентоса вносили хирономиды, их доля составляла в среднем 66% от общей биомассы

(см. табл. 2). После вселения *V. viviparus*, без учёта биомассы данного моллюска, хирономиды всё так же вносили наибольший вклад в биомассу, но их доля снизилась до 26%. Одновременно в биомассе зообентоса наблюдалось достоверное увеличение доли стрекоз и двусторчатых моллюсков до 24,4 и 14,6% соответственно. Несмотря на изменения в процентном соотношении, в целом биомасса аборигенного зообентоса после инвазии достоверно не изменилась по сравнению с био-

Таблица 2. Доля различных таксонов (%) в общей биомассе зообентоса – кормовой базы рыб (средние значения ± стандартная ошибка SE) в р. Обь в нижнем бьефе водохранилища в вегетационные сезоны без учёта и с учётом биомассы инвазивных моллюсков *Viviparus viviparus* как компонента кормовой базы

Таксон	До инвазии <i>V. Viviparus</i> (2008–2013 гг., по Визер, 2015)	После инвазии <i>V. viviparus</i> (2021–2023 гг., по Андрущенко и др., 2024)		
		без учёта <i>V. viviparus</i>	p	с учётом <i>V. viviparus</i>
Oligochaeta	6,6±2,8	10,5±3,9	>0,05	5,6±2,4
Hirudinea	0,9±0,6	14,7±5,9	>0,05	6,1±2,3
Mysida	1,2±0,8	0,0±0,0	>0,05	0,0±0,0
Amphipoda	4,2±3,6	2,9±1,5	>0,05	0,7±0,4
Trichoptera	5,6±4,3	1,6±1,6	>0,05	0,6±0,6
Ephemeroptera	14,3±5,8	3,0±0,9	>0,05	1,5±1,0
Odonata	0,0±0,0	24,4±9,8	<0,05	15,3±7,2
Coleoptera	0,0±0,0	0,1±0,1	>0,05	0,0±0,0
Hemiptera	0,0±0,0	0,1±0,1	>0,05	0,0±0,0
Chironomidae	66,4±5,3	26,1±9,6	<0,01	10,5±4,8
Diptera*	0,8±0,4	2,0±1,9	>0,05	0,9±0,9
Bivalvia	0,0±0,0	14,6±4,2	<0,01	9,5±3,7
Gastropoda	0,0±0,0			49,4±2,8

*Исключая Chironomidae.

Примечание. p – достоверность различий по критерию Стьюдента между средними значениями до инвазии и после инвазии без учёта инвазивных моллюсков соответственно. Достоверные различия выделены жирным шрифтом.

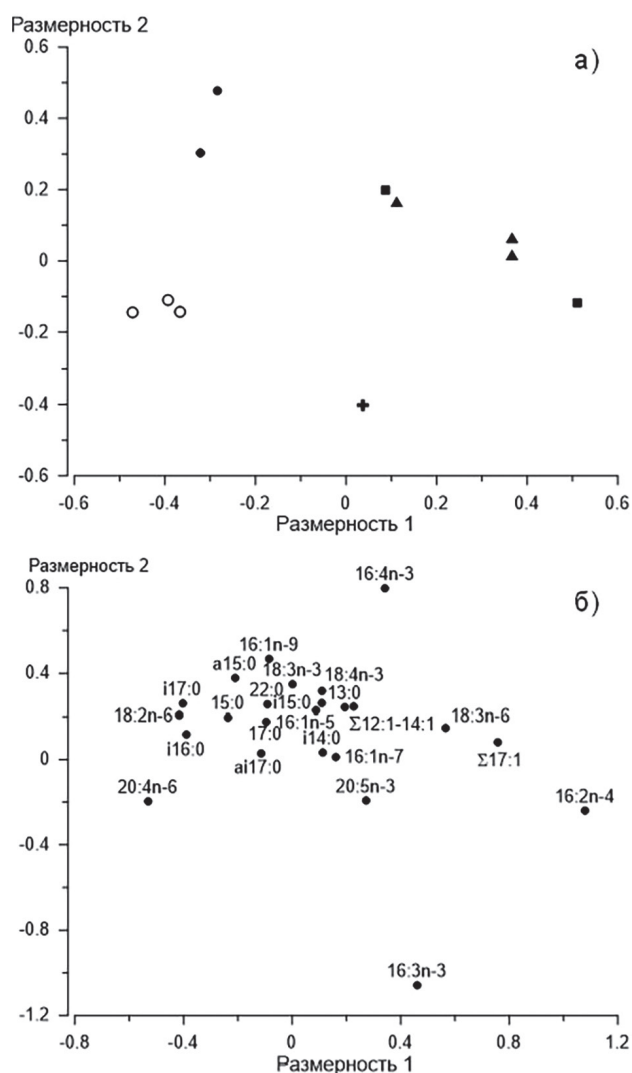


Рис. 2. Многомерный канонический анализ соответствия уровней пищевых жирных кислот (% от общего количества) (а) в биомассе зообентоса р. Обь (б): пустые кружки – *V. viviparus*; закрашенные кружки – Bivalva; квадраты – Chironomidae; треугольники – Odonata; крестик – Hirudinea; август 2023 г. Доля объясненной дисперсии (инерции) по оси 1 – 47,4%, по оси 2 – 20,9%, $\chi^2 = 116,5$, число степеней свободы 230.

массой зообентоса до вселения *V. viviparus* (см. табл. 1). Продукция аборигенного зообентоса в р. Обь ниже плотины ГЭС после инвазии *V. viviparus* так же существенно не изменилась, даже наметилась тенденция к её росту.

Многомерный канонический анализ соответствия, проведённый для составов пищевых ЖК *V. viviparus* и других таксонов зообентоса с целью определения различий в спектрах питания, выявил существенные отличия по первой наибольшей размерности между моллюсками, с одной стороны, и остальными таксонами – с другой (рис. 2, а).

При этом *V. viviparus* по первой размерности также немного отличался по составу ЖК от представителей двустворчатых моллюсков, но наибольшие различия между *V. viviparus* и двустворчатыми моллюсками наблюдались по второй размерности (см. рис. 2, а). Основной вклад в различия между моллюсками и другими таксонами по первой размерности вносили кислоты 20:4n-6, 18:2n-6 (маркеры аллохтонного терригенного вещества), i17:0 и i16:0 (маркеры бактерий), с одной стороны, и 16:2n-4 – маркеры диатомовых водорослей [Кормилец, 2019; Makhutova et al., 2022], с другой стороны (рис. 2, б).

Средневзвешенное содержание ЭПК и ДГК в организмах зообентоса в р. Обь достоверно снизилось после инвазии *V. viviparus* с 3,39 до 1,38 мг·г⁻¹ (см. табл. 1). Однако продуктивность зообентоса по ЭПК и ДГК, E (мг·м⁻²·сут⁻¹) после инвазии практически не изменилось как для аборигенного сообщества бентосных беспозвоночных, так и с учётом *V. viviparus*.

Обсуждение

Изначальное распространение брюхоногого моллюска *V. viviparus* было установлено в Новосибирском водохранилище ввиду изменения гидрологического режима реки и постепенного появления благоприятных условий местообитания [Яныгина и др., 2020]. Замедление течения, появление ила на песчаном грунте, вероятно, способствовало массовому размножению *V. viviparus* в пределах водохранилища и его проникновению вниз по течению в основное русло р. Обь в 2018 г. [Визер и Визер, 2016; Визер и др., 2019; Яныгина и др., 2020]. В настоящее время биомасса *V. viviparus* составляет около 49% от общей биомассы зообентоса (см. табл. 2).

По литературным данным, доля биомассы *V. viviparus* в общей биомассе донных беспозвоночных может достигать 99.9% в зависимости от глубины отбора и водности года [Визер и др., 2024]. Столь значительное доминирование инвазивного вида может оказывать негативное влияние на аборигенные виды, снижая их видовое разнообразие и количественные характеристики. Наибольший вклад в биомассу зообентоса до инвазии вно-

сили хирономиды, тогда как после инвазии основная доля биомассы приходилась в практически равной степени на хирономид, стрекоз и двустворчатых моллюсков (см. табл. 2, без учёта *V. viviparus*). Возможно, наблюдаемые изменения связаны с образованием новых биотопов, более благоприятных для данных таксономических групп, ввиду заиления исходных грунтов побережья р. Обь и наличия макрофитов [Визер и др., 2019].

Считается, что *V. viviparus* является трофическим и биотопическим конкурентом для аборигенных видов зообентоса, вытесняя их с обычных местообитаний на мелководье [Визер и Визер, 2016]. Однако, согласно нашим данным, биомасса зообентоса без учёта *V. viviparus* на изученном участке р. Обь после инвазии достоверно не отличалась от биомассы до инвазии (см. табл. 1).

V. viviparus считается преимущественно детритофагом, хотя и способным также питаться посредством фильтрации [Цихон-Луканина, 1987; Jakubik, 2009; Yanygina, 2025]. По данным проведённого многомерного канонического анализа соответствия для составов жирных кислот таксономических групп зообентоса, пищевые спектры моллюсков и представителей других таксонов зообентоса (Chironomidae, Odonata, Hirudinea) не перекрываются: моллюски питаются в основном аллохтонным детритом и связанным с ним бактериями, тогда как пищевые цепи других таксонов зообентоса базируются в первую очередь на диатомовых водорослях. Более того, спектры питания аборигенных *Bivalvia* и инвазивных *V. viviparus* также не вполне совпадают: если у первых в питании преобладают бактерии и детрит из остатков высших растений, то у вторых, вероятно, в питании может преобладать аллохтонный детрит животного происхождения. Базовое различие в спектрах питания брюхоногих моллюсков и других таксонов зообентоса было установлено также в дальневосточной реке [Bogatov et al., 2024].

Таким образом, на исследованном участке р. Обь, согласно анализу биомаркерных ЖК, спектры питания инвазивных *V. viviparus* и аборигенных видов зообентоса не перекрываются, и пищевая конкуренция между

ними отсутствует, что хорошо согласуется с данными об отсутствии снижения биомассы аборигенного зообентоса после инвазии (см. табл. 1). Аналогичный вывод об отсутствии конкуренции между инвазивным *V. viviparus* и аборигенным зообентосом в Обском водохранилище был сделан на основе анализа стабильных изотопов [Yanygina, 2025]. В цитируемой работе показано, что *V. viviparus* в двух заливах водохранилища являлся детритофагом и занимал свободную экологическую нишу, что полностью совпадает с нашими данными по р. Обь в нижнем бьефе водохранилища. Однако в третьем заливе (Ордынском), по мнению автора, *V. viviparus* преимущественно потреблял фитопланктон [Yanygina, 2025]. К сожалению, необходимо отметить, что упомянутое суждение о потреблении фитопланктона является ошибочным и основано на некорректной интерпретации данных анализа стабильных изотопов: действительно, в рассматриваемой статье Л.В. Яныгиной [Yanygina, 2025] на рис. 2 биомасса фитопланктона в Ордынском заливе имеет более высокое значение $\delta^{15}\text{N}$, чем ткани *V. viviparus*. То есть фитопланктон, согласно общепринятым теоретическим основам интерпретации данных изотопного анализа, не может быть объектом питания *V. viviparus*, поскольку при его усвоении должно было бы произойти фракционирование изотопов азота на величину около 2‰ и значение $\delta^{15}\text{N}$ тканей *V. viviparus* должно быть приблизительно на 2‰ больше, но никак не меньше значения $\delta^{15}\text{N}$ фитопланктона [Gladyshev, 2009].

Следовательно, согласно нашим и литературным данным [Yanygina, 2025], инвазивный *V. viviparus* в р. Обь и Обском водохранилище является детритофагом, не конкурирующим за объекты питания с аборигенными видами зообентоса. Однако, опираясь на наши данные о снижении доли хирономид в аборигенном зообентосе, нельзя исключать, что *V. viviparus* все же мог вытеснить детритоядных представителей этого таксона, что, впрочем, не привело к снижению общей биомассы аборигенного зообентоса и его продукции. Величина продукции зообентоса с учётом *V. viviparus* статистически достоверно не изменилась по сравнению с её величиной до

инвазии (см. табл. 1), что, вероятно, связано со сравнительно низкой удельной скоростью роста брюхоногих моллюсков.

Брюхоногие и двусторчатые моллюски характеризуются сравнительно низким суммарным содержанием ЭПК и ДГК [Makhutova et al., 2016; Андрущенко и др., 2024], что позволило нам ранее высказать предположение о снижении биохимического качества кормовой базы бентоядных рыб при вытеснении инвазивными моллюсками аборигенных насекомых и ракообразных [Makhutova et al., 2016]. Действительно, по нашим данным, наблюдается снижение средневзвешенного содержания ЭПК и ДГК в организмах зообентоса в р. Обь после инвазии *V. viviparus* (см. табл. 1). Однако продуктивность зообентоса по ЭПК и ДГК, то есть их количество, поступающее к рыбам в составе продукции зообентоса, после инвазии не изменилось. Поскольку ЭПК и ДГК имеют важнейшее значение для роста и развития рыб [Sargent et al., 1999; Tocher, 2003, 2015; Сущик, 2008; Glencross, 2009; Gladyshev & Sushchik, 2019], поступление этих ПНЖК с кормом, то есть для бентоядных рыб – с продукцией зообентоса, в значительной мере определяет биохимическое качество кормовой базы.

Скорее всего, *V. viviparus* не является кормовым объектом рыб из-за крупных размеров, толстой раковины и оперкулула [Визер, 2015; Яныгина и др., 2020]. То есть потенциальное негативное воздействие этого инвазивного брюхоногого моллюска могло бы заключаться в вытеснении аборигенных съедобных видов зообентоса. Однако, поскольку, согласно нашим данным, *V. viviparus* на исследованном участке р. Обь в нижнем бьефе водохранилища занял свободную пищевую нишу, его инвазия не привела к снижению количественных (биомасса и продукция) и качественных (продуктивность по ЭПК и ДГК) характеристик аборигенного зообентоса как кормовой базы рыб. То есть инвазия *V. viviparus* не привела к ухудшению кормовой базы рыб, как предполагалось ранее, на основании данных о содержании ЭПК и ДГК в биомассе моллюсков. Однако данный моллюск может оказывать иное негативное воздействие на экосистему, например, выступая

в качестве первого промежуточного хозяина для трематоды *Paracoenogonimus ovatus* (Katsurada, 1914) или приводя к огромным скоплениям раковин погибших моллюсков по берегам и ухудшая рекреационное использование водных объектов [Яныгина и др., 2020; Zhokhov and Kozhara, 2024].

Заключение

Таким образом, инвазия брюхоногого моллюска *V. viviparus* на участке р. Обь в нижнем бьефе плотины Новосибирской ГЭС привела к снижению средневзвешенного содержания ЭПК и ДГК в зообентосе. Однако, поскольку инвазивный моллюск занял свободную пищевую нишу, биомасса и продукция аборигенного зообентоса, а также его продуктивность по ЭПК и ДГК не изменилась. Бентоядные рыбы на исследованном участке реки после инвазии *V. viviparus* потенциально могут получать с продукцией зообентоса такое же, как и ранее, количество физиологически ценных ПНЖК, необходимых для их успешного роста и развития.

Финансирование работы

Работа выполнена за счёт Государственного задания Института биофизики СО РАН 488 № FWES-2024-0024.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит экспериментов с участием животных, выполненных авторами.

Литература

- Андрущенко С.В., Шулепина С.П., Андрущенко П.Ю., Гладышев М.И. Структурно-функциональные характеристики и жирные кислоты зообентоса на участке реки Обь и в её притоках // Сибирский экологический журнал. 2024. Т. 31, № 6. С. 878–894. [Andrushchenko S.V., Shulepina S.P., Andrushchenko P.U., Gladyshev M.I. Structural and Functional Characteristics and Fatty Acids of Zoobenthos in a Section of the Ob River and in Its Tributaries // Contemporary Problems of Ecology. 2024. Vol. 17, no. 6. P. 799–813.]
- Борисова Е.В., Махутова О.Н., Гладышев М.И., Сущик Н.Н. Поток биомассы и незаменимых полиненасыщенных жирных кислот из воды на сушу при вылете

- хириномид из горного озера // Сибирский экологический журнал. 2016. Т. 23, № 4. С. 543–556. [Borisova E.V., Makhutova O.N., Gladyshev M.I., Sushchik N.N. Fluxes of biomass and essential polyunsaturated fatty acids from water to land via chironomid emergence from a mountain lake // Contemporary Problems of Ecology. 2016. Vol. 9. P. 446–457.]
- Визер А.М. Влияние гидрологического режима на формирование донной фауны Верхней Оби // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных: мат. IV Международной конференции. Томск, 2015. С. 40–42.
- Визер А.М., Визер Л.С. Современное распространение и экология инвазийного вида моллюска *Viviparus viviparus* L. в верхней Оби // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: тез. Всерос. конф. с междунар. участием. 2016. С. 28–33.
- Визер А.М., Визер Л.С., Дорогин М.А. Зоопланктон, зообентос, ихтиофауна реки Обь и искусственных водоёмов в черте г. Новосибирска // Вода: химия и экология. 2019. № 10–12. С. 18–24.
- Визер Л.С., Балацкая Т.А., Дорогин М.А. Сезонная динамика зообентоса Верхней Оби // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2024. № 2. DOI:10.33920/sel-09-2402-01
- Винарский М.В., Андреев Н.И., Андреева С.И., Казанцев И.Е., Каримов А.В., Лазуткина Е.А. Чужеродные виды моллюсков в водных экосистемах Западной Сибири: обзор // Российский журнал биологических инвазий. 2015. Т. 8, № 2. С. 2–19. [Vinarski M.V., Andreev N.I., Andreeva S.I., Kazantsev I.E., Karimov A.V., Lazutkina E.A. Alien mollusk species in the aquatic ecosystems of Western Siberia: a review // Russian Journal of Biological Invasions. 2015. Vol. 6, no. 3. P. 137–147.]
- Гладышев М.И. Качество и количество добываемой биологической продукции водоёмов при разной концентрации фосфора // Доклады АН. 2018. Т. 478, № 1. С. 100–102. [Gladyshev M.I. Quality and quantity of biological production in water bodies with different concentration of phosphorus: case study of Eurasian perch // Doklady Biochemistry and Biophysics. 2018. Vol. 478. P. 1–3.]
- Дгебуадзе Ю.Ю. Биологические инвазии чужеродных видов – глобальный вызов последних десятилетий // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93, № 9. С. 814–823.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Сущик Н.Н., Герасимов Ю.В., Соломатин Ю.И., Гладышев М.И. Содержание полиненасыщенных жирных кислот в мышцах чужеродных видов рыб Рыбинского водохранилища // Вопросы ихтиологии. 2023. Т. 63, № 1. С. 110–118. [Dgebuadze Y.Y., Sushchik N.N., Gerasimov Y.V., Solomatin Y.I., Gladyshev M.I. Polyunsaturated fatty acid content in the muscles of alien fish species of the Rybinsk Reservoir // Journal of Ichthyology. 2023. Vol. 63. P. 147–155.]
- Кормилец О.Н. Жирные кислоты в трофических сетях экосистем внутренних вод. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019.
- Романова Г.П. К изучению зоопланктона и зообентоса верхнего течения реки Оби // Труды Томского гос. ун-та. 1963. Т. 152. С. 117–125.
- Сущик Н.Н. Роль незаменимых жирных кислот в трофометаболических взаимодействиях в пресноводных экосистемах (обзор) // Журнал общей биологии. 2008. Т. 69, № 4. С. 299–316.
- Цихон-Луканина, Е.М. Трофология водных моллюсков. М.: Наука, 1987. 145 с.
- Яныгина Л.В. Особенности многолетней динамики зообентоса на зарегулированном участке реки Оби // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2016. Т. 9, № 4. С. 427–440.
- Яныгина Л.В., Котовщиков А.В., Киприянова Л.М., Волгина Д.Д. Факторы пространственного распределения и оценка риска инвазии речной живородки *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) в водные экосистемы бассейна р. Оби // Сибирский экологический журнал. 2020. № 2. С. 205–216. [Yanygina L.V. et al. Factors of spatial distribution and risk assessment of *Viviparus viviparus* L. invasion in aquatic ecosystems of the Ob river basin // Contemporary Problems of Ecology. 2020. Vol. 13, no. 2. P. 162–171.]
- Bogatov V.V., Sushchik N.N., Kolmakova A.A., Gladyshev M.I. Allochthonous versus autochthonous carbon subsidies in small river food webs depend on seasonality and riparian tree species // Aquatic Sciences. 2024. Vol. 86, no. 41.
- Gladyshev M.I. Stable isotope analyses in aquatic ecology (a review) // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2009. 2. P. 381–402.
- Gladyshev M.I., Sushchik N.N. Long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids in natural ecosystems and the human diet: assumptions and challenges // Biomolecules. 2019. No. 9. P. 485. DOI:10.3390/biom9090485
- Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Shulepina S.P., Ageev A.V., Dubovskaya O.P., Kolmakova A.A., Kalachova G.S. Secondary production of highly unsaturated fatty acids by zoobenthos across rivers contrasting in temperature // River Research and Applications. 2016. Vol. 32. P. 1252–1263.
- Glencross B.E. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species // Rev. Aquacult. 2009. No. 1(2). P. 71–124.
- Jakubik, B. Food and feeding of *Viviparus viviparus* (L.) (Gastropoda) in dam reservoir and river habitats // Polish Journal of Ecology. 2009. No. 57. P. 321–330.
- Makhutova O.N., Shulepina S.P., Sharapova T.A., Dubovskaya O.P., Sushchik N.N., Baturina M.A., Pryanichnikova E.G., Kalachova G.S., Gladyshev M.I. Content of polyunsaturated fatty acids essential for fish nutrition in zoobenthos species. // Freshwater Science. 2016. Vol. 35. P. 1222–1234.
- Makhutova O.N., Sushchik N.N., Gladyshev M.I. Fatty acid-markers as foodweb tracers in inland waters. Encyclopedia of Inland Waters, 2nd edition. Elsevier. 2022. Vol. 4. P. 713–726.

- Sargent J., Bell G., McEvoy L., Tocher D., Estevez A. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish // *Aquaculture*. 1999. Vol. 177. P. 191–199.
- Tocher D.R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish // *Reviews in Fisheries Science*. 2003. Vol. 11. P. 107–184.
- Tocher D.R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective // *Aquaculture*. 2015. Vol. 449. P. 94–107.
- Yanygina L.V. Trophic position of the invasive mollusc *Viviparus viviparus* in the Novosibirsk Reservoir and its role in nutrient cycling // *Hydrobiologia*. 2025. No. 852. P. 1373–1384.
- Zhokhov A.E., Kozhara A.V. Expansion of the area of trematodes *Paracoenogonimus Ovatus* (Katsurada, 1914) in Western Siberia // *Russian Journal of Ecology*. 2024. Vol. 55, no. 4. P. 301–307.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE INVASIVE MOLLUSK *VIVIPARUS VIVIPARUS* (LINNAEUS, 1758) (MOLLUSCA, GASTROPODA) ON THE BIOCHEMICAL QUALITY OF FISH FOOD RESOURCES IN THE LOWER REACH OF THE OB RIVER RESERVOIR

© 2025 Gladyshev M.I. ^{a,b*}, Andrushchenko S.V. ^{a,b**}

^a Institute of Biophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Federal Research Center of the Krasnoyarsk Science Center, Krasnoyarsk, 660036, Russia

^b Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russia

email: *glad@ibp.ru, **sv.shelekhina@mail.ru

The impact of the invasion of *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) into the lower reach of the Ob River reservoir on the biochemical quality of the fish food resources was assessed. In the invasion of *V. viviparus*, a decrease in the weighted average content of essential polyunsaturated fatty acids—eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) — was observed in the biomass of zoobenthos. However, the biomass, production, and productivity of EPA and DHA in native zoobenthos remained unchanged, as the invasive mollusk occupied a vacant trophic niche. In the studied river area, benthivorous fish after the invasion of *V. viviparus* can potentially receive the same amount of polyunsaturated fatty acids—essential for their growth and development—from zoobenthos production as before.

Key words: invasion, zoobenthos, *Viviparus viviparus*, production, fatty acids, biochemical quality