

УДК 574.587:594.32

DOI 10.21685/2500-0578-2020-3-1

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ *VIVIPARUS (VIVIPARUS) VIVIPARUS* (MOLLUSCA, GASTROPODA, VIVIPARIDAE) РАВНИННОЙ РЕКИ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Р. А. Михайлов

Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, Россия, 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10
E-mail: roman_mihaylov_1987@mail.ru

Аннотация. Актуальность и цели. Средние реки Нижней Волги являются основным типом водотоков, представляющих ее речную сеть. Их высокая значимость с точки зрения оценки и сохранения биоразнообразия природных комплексов на территории Волжского бассейна весьма актуальна. Одной из фаунистических составляющих рек являются организмы макрозообентоса, в состав которых входит многочисленный тип – моллюски. Они вносят значительный вклад в общее разнообразие беспозвоночных внутренних водоемов, при этом оставаясь одной из самых малоизученных групп. Поэтому целью работы является выявление закономерностей распределения, экологических и биологических особенностей моллюска *Viviparus (Viviparus) Viviparus* в р. Самара. **Материалы и методы.** Объектом исследования является моллюск равнинной р. Самара в период летней межени 2017 г. На территории русла водотока обследованы 17 станций на различных участках от истока до устья реки. Собранный материал определен до вида, подсчитана его плотность и биомасса на станциях. Проведены морфометрические измерения раковин особей. Для биологической и экологической оценки моллюска в разных абиотических и биотических условиях реки применяли различные современные методы статистической обработки данных. **Результаты.** Экологические условия на р. Самара сформированы значительными изменениями гидрологических процессов от истока к устью реки, приводящими к смене биотопических характеристик исследованных участков. Состав воды по химическим показателям относится к «очень загрязненным», с основными загрязняющими веществами медью и азотом нитритным. Полученные результаты анализа по встречаемости, плотности и биомассе особей моллюска показали предпочтение вида к определенным биотопам реки. Оценивая изменения морфометрических характеристик раковин вида на участках водотока, установили их статистически значимые различия от истока до устья. Распространение *V. (V.) viviparus* в р. Самара зависит от локальных абиотических и биотических факторов на исследованных станциях. Влияние этих свойств среды на распределение моллюска имеет комплексный характер. **Выводы.** Полученные данные обогащают накопленную информацию по биологии и экологии вида *V. (V.) viviparus*. Расширены сведения об их биотопических предпочтениях в равнинных реках и факторах, это определяющих. Результаты позволяют лучше оценивать состояние водных экосистем со сходными экологическими условиями.

Ключевые слова: Самарская область, равнинная река, моллюски, гастроподы, пространственное распределение.

Для цитирования: Михайлов, Р. А. Особенности пространственного распределения *Viviparus (Viviparus) Viviparus (Mollusca, Gastropoda, Viviparidae)* равнинной реки Нижней Волги / Р. А. Михайлов // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2020. – Vol. 5 (3). – <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2020-3-1>

SPATIAL DISTRIBUTION FEATURES OF *VIVIPARUS (VIVIPARUS) VIVIPARUS (MOLLUSCA, GASTROPODA, VIVIPARIDAE)* IN THE PLAIN RIVER OF THE LOWER VOLGA

R. A. Mikhailov

Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences –
Branch of Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
10 Komzina street, Tolyatti, 445003, Russia
E-mail: roman_mihaylov_1987@mail.ru

Abstract. Background. Small rivers of the Lower Volga are the main type of watercourses that represent its river system. High importance of these rivers for preserving the biodiversity of natural complexes in the Volga basin

is relevant. Macrozoobenthos is an important faunal component of rivers of aquatic organisms including mollusks. These organisms make a significant contribution to the overall diversity of invertebrates in inland water bodies. However, they are still poorly understood in water bodies. The purpose of our work is to identify patterns of distribution, environmental and biological features of *Viviparus (Viviparus) Viviparus* in the Samara river. *Materials and methods.* We explored the Samara river in the summer of 2017. 17 stations were explored from the source to the river mouth. The collected material was determined and the density and biomass at the stations were calculated. Morphometric measurements of the shells of all individuals were made. Statistical processing of the species data was performed to establish the dependence in different abiotic and biotic characteristics of the river. *Results.* In the river, there are significant fluctuations in the flow rate that lead to different areas of vegetation and types of bottom sediments. In terms of water quality, the river is classified as "very polluted", with the main pollutants being copper and nitrite nitrogen. The results of the analysis of the occurrence, density and biomass of mollusk individuals showed the preference of the species to certain biotopes of the river. Morphometric characteristics of mollusk shells are statistically distinguishable in different sections of the river. The habitat of *V. (V.) viviparus* depends on local abiotic and biotic factors. Their influence on the distribution of mollusks is complex. *Conclusions.* The results obtained enrich the accumulated information on the biology and ecology of the *V. (V.) viviparus* species. The available data on the species biotopic preference in rivers and the factors that determine it are expanded. This data will allow us to better assess the state of aquatic ecosystems with similar environmental conditions.

Keywords: the Samara region, plain river, mollusks, gastropods, spatial distribution.

For citation: Mikhailov R.A. Spatial distribution features of *Viviparus (Viviparus) Viviparus* (Mollusca, Gastropoda, Viviparidae) in the plain river of the Lower Volga. *Russian Journal of Ecosystem Ecology.* 2020;5(3). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2020-3-1>

Введение

Речная сеть бассейна Нижней Волги характеризуется большим разнообразием. Всего в этом регионе насчитывается более 6300 водотоков, расположенных на территории 9 субъектов Российской Федерации. Большая часть рек имеет длину менее 10 км и относится к малым. Лишь 777 рек имеют длину 10 км и больше, а 18 – больше 200 км [1].

Такие реки как Самара испытывают значительную антропогенную нагрузку; максимальное воздействие на них оказывает регулирование стока, изъятие воды и отведение сточных вод. Особенности экологических условий в бассейне реки определяются во многом точечными источниками антропогенного загрязнения, ключевыми из которых являются стоки с промышленных предприятий и сельскохозяйственных ферм. В меньшей мере на качество воды влияют созданные на реке водохранилища, водосборная площадь бассейна которых достигает 6 тыс. км² [2]. Положительной особенностью реки является наличие на ее территории Национального парка «Бузулукский бор», который позволяет сохранять небольшой участок реки в естественных условиях [3]. Все это значительно влияет на биологическое разнообразие природных экосистем на ее территории, и особую актуальность обретает изучение фауны пресноводных моллюсков как одного из наиболее удобных объектов для изучения [4].

Два больших класса моллюсков – *Gastropoda* и *Bivalvia* – являются значимыми элементами беспозвоночной фауны внутренних пресновод-

ных водоемов [5]. Однако детальных исследований их разнообразия в р. Самара до сих пор не проводилось, имеются лишь некоторые данные о пресноводных моллюсках реки [6–9 и др.]. Поэтому крайне важно расширить знания обо всех аспектах (биологических, экологических и др.) жизни моллюсков, в том числе и об одном из массовых видов на данной территории – *Viviparus (Viviparus) viviparus* (Linnaeus, 1758).

Моллюски *V. (V.) viviparus* – один из наиболее широко распространенных гребнежаберных моллюсков в водоемах региона [9]. Они формируют популяции с высокой плотностью на участках рек; играют важную роль в биологическом процессе водоемов и водотоков, являясь потребителями высшей водной растительности, детрита и сестона. Также составляют часть пищевой цепочки в передаче энергии – ими питаются различные виды рыб и водоплавающих птиц. Моллюск фильтрует воду в процессе своей жизнедеятельности (питания и дыхания), а вариативность раковин по форме и размерам может быть использована для анализа экологических условий в водных объектах [10].

Поэтому цель работы – выявить закономерность распределения, экологические и биологические особенности моллюска *V. (V.) viviparus* от истока до устья р. Самара.

Материалы и методы

Река Самара протекает на территории двух областей – Оренбургской и Самарской. Она берет свое начало на одном из степных увалов,

являющихся предгорьем Урала и мелкосопочников Общего Сырта. Река течет на северо-запад и впадает в Саратовское водохранилище (р. Волга). С правой стороны ее ограничивают возвышенности, а с левой на всем протяжении простираются пологие склоны. Ее длина составляет 594 км с шириной в естественном состоянии 3,1 км. Средняя глубина составляет 5 м. Среднегодовой расход воды всего 47,2 кубометров в секунду. Питание реки преимущественно снеговое. Берега реки высокие и глинистые. Насчитывает значительное количество притоков (около 50), крупнейшими из которых являются Большой Кинель, Ток, Бузулук и Малый Уран [11].

Материал для исследования был отобран на 17 станциях р. Самара в июне 2017 г. (рис. 1). Станции 1–4 относятся к верхнему, станции 5–8 – к среднему, 9–17 – к нижнему течению реки. Сбор моллюсков в рипали осуществлен согласно стандартной площадной методике [12, 13] с применением гидробиологического скребка и количественной рамки (1 м²). На медиале реки моллюсков добывали с использованием дночерпателя Экмана-Берджи (1/40 м²×2). Собранные образцы в полевых условиях фиксировали 95 %-м раствором этанола, который через неделю заменили на 70 % [14]. Всего было отобрано и обработано 34 качественные и количественные пробы.

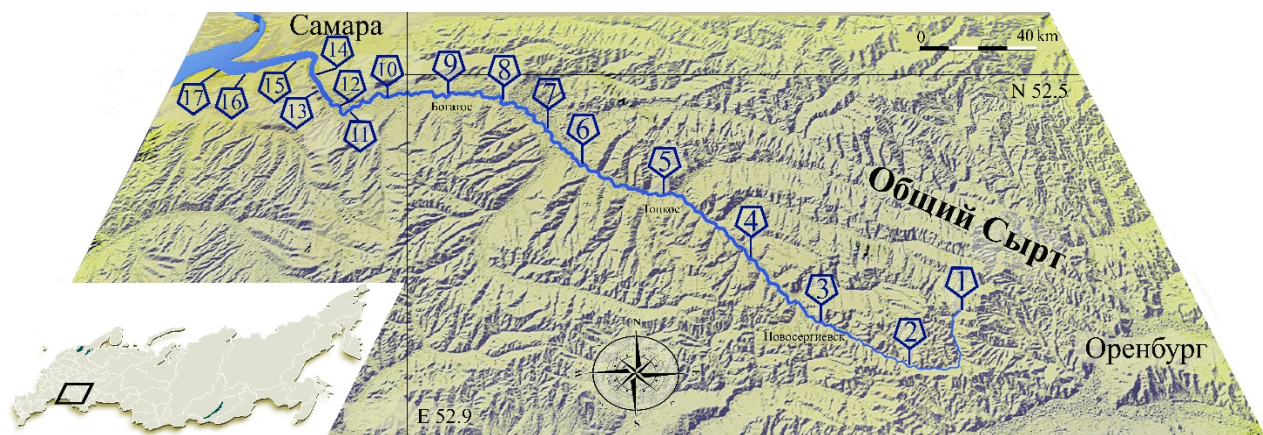


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб на р. Самара:

- 1 – исток; 2 – пос. Переволоцкий; 3 – пос. Новосергиевск; 4 – г. Сорочинск; 5 – с. Тозкое; 6 – г. Бузулук; 7 – с. Борское; 8 – с. Богатое; 9 – с. Съезжее; 10 – Ясная поляна; 11 – с. Утиновка; 12 – с. Домашка; 13 – с. Спиридоновка; 14 – с. Бобровка; 15 – с. Алексеевка; 16 – Южный мост (г. Самара); 17 – Засамарская слобода (г. Самара)

Fig. 1. Map of the study area. The location of stations on the Samara River:

- 1 – source; 2 – Perevolotskiy; 3 – Novosergievsk; 4 – Sorochinsk; 5 – Totskoe; 6 – Buzuluk; 7 – Borskoe; 8 – Bogatoye; 9 – Sezzhee; 10 – Yasnaya polyana; 11 – Utinovka; 12 – Domashka; 13 – Spiridonovka; 14 – Bobrovka; 15 – Alekseevka; 16 – Yuzhnyy most (Samara City); 17 – Zsamarskaya sloboda (Samara City)

Камеральная обработка проб осуществлялась согласно общепринятым методикам с применением стереоскопического микроскопа МБС-10 [15]. Возраст определяли по числу концентрических рельефных линий на крышечке раковины, маркирующих зимнее замедление роста. Видовая принадлежность собранного материала определена по совокупности конхиологических признаков и соответствует современной номенклатуре, принятой в каталоге пресноводных моллюсков территории бывшего СССР Винарского и Кантора [16].

Исследованные особи из р. Самара хранятся в коллекции пресноводных моллюсков Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала СамНЦ РАН, г. Тольятти.

Одновременно со сбором моллюсков определяли скорость течения, глубину, температуру воды, прозрачность, характер донных отложений. С помощью аналитических приборов (НІ 98127, НІ9146, НІ 98302) измеряли водородный показатель, концентрацию растворенного в воде кислорода, общую минерализацию.

Гидрохимический анализ отобранных проб воды выполнен в аккредитованной гидрохимической лаборатории Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала СамНЦ РАН, г. Тольятти.

Количественная характеристика особей моллюска на участках реки представлена плотностью (Р экз./м²) и биомассой (В г/м²). Для сравнения средних значений морфометрических признаков моллюска применяли

критерий Краскела – Уолисса с уровнем достоверности $p \leq 0,05$. Связь количественных показателей с температурой оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$) [17].

Для оценки влияния факторов среды на распределение и развитие вида в реке применяли канонический анализ соответствий (ССА). Исходную таблицу плотности и биомассы предварительно преобразовывали с χ^2 -трансформации [18].

Установление нестационарности распределения ряда, вызванного комбинацией случайного блуждания с закономерным линейным трендом, осуществлялось с использованием теста Дики – Фуллера [19].

Все расчеты были выполнены с использованием статистической среды R v. 3.02 и ее пакетов *vegan*, *mgcv*, *tseries* [20–22].

Результаты и их обсуждение

В период наблюдений глубина р. Самара на обследованных участках достигала 12 м. Дно, как правило, покрыто песчаными, песчано-илистыми отложениями. В верхнем течении преобладают песчаные и глинисто-песчаные грунты, в среднем участке – в основном песчаные, а в нижнем – песчано-илистые за счет увеличивающейся транспортирующей способности реки. Река на всем протяжении имеет низкую площадь зарастания макрофитами (0–20 %), присутствующими в основном в прибрежье, с естественным увеличением от истока до устья реки. На водотоке происходят существенные колебания скорости течения воды (0,1–1,2 м/с) с максимальными значениями в нижнем участке. Расположение реки на границе двух ландшафтных зон сказывается на естественных уровнях минерализации, достигая значений 839 мг/л. Концентрация водородных ионов (рН) в реке относится к слабощелочным водам (7.6–9). Содержание растворенного кислорода не опускалось ниже 77 %.

Химический состав воды в р. Самара формируется от соприкосновения воды с почвами и породами, их подстилающими. Река испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, включая как сельскохозяйственную, так и селитебную [23]. Воды в ней относятся к «очень загрязненным» (по УКИЗВ). Основными загрязняющими веществами являются медь и азот нитритный 3–4 ПДК, которые чаще регистрируются в нижнем течении реки.

Нами были изучены популяции *V. (V.) viviparus* в р. Самара от истока до устья на 17 различных станциях. Особи вида были зарегистрированы на биотопах с разными абиотическими и биотическими условиями, что подтверждает факт высокой экологической валентности и эвритопности вида [24, 25]. Особи моллюска были найдены на участках со средней скоростью течения 0,1–0,7 м/с. Обычно они находились на глубине до 2 м. Основная часть популяций была зарегистрирована в зоне зарослей макрофитов.

Встречаемость *V. (V.) viviparus* на станциях р. Самара несмотря на разные экологические условия составляла 60 %. Чаще всего моллюск регистрировался на участке нижнего течения реки. Вероятно, это связано с наиболее благоприятными условиями, которые во многом определяются водами Саратовского водохранилища. Условия в водохранилищах предопределяет успешное освоение живородками водоемов этого типа, и они являются обычным компонентом малакофауны многих водохранилищ [26–28].

Плотность популяций на участках р. Самара была различна и в среднем составляла $8 \pm 5,67$ экз./м² (рис. 2). Большинство особей было зарегистрировано в нижнем течении с максимальным значением (19 экз./м²) на ст. 15, расположенной в зоне подпора водохранилища, при этом в районе станции отсутствовали крупные населенные пункты, стоки с которых могли негативно повлиять на развитие особей.

Биомасса моллюска *V. (V.) viviparus* на отдельных станциях была различна со средним значением $12,11 \pm 7,83$ г/м² (см. рис. 2). Наиболее высокие значения (26,68 г/м²), как и по плотности, были отмечены в нижнем течении реки с точкой экстремума на ст. 14.

Данная особенность количественных показателей моллюска в р. Самара может быть объяснена постепенным прогревом воды в реке от истока к устью (14–25 °С), в результате более поздним появлением новых генераций моллюсков вследствие длительного прогревания воды до нормальных для начала размножения температур на разных участках. Это подтверждают результаты нашего корреляционного анализа, показывающие зависимость распределения особей *V. (V.) viviparus* от температуры воды ($r = 0,69$, $p = 0,08$) (рис. 3). Таким образом, зона благоприятных температур для развития *V. (V.) viviparus* в р. Самара составляет около 25 °С, что подтверждается результатами экспериментальных исследований другими авторами [29].

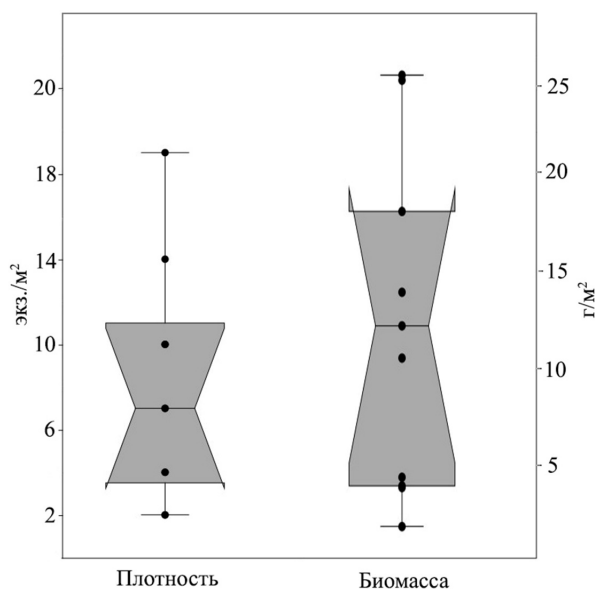


Рис. 2. Изменение плотности и биомассы *V. (V.) viviparus* в р. Самара
Fig. 2. Changes in the density and biomass of *V. (V.) viviparus* in the Samara river

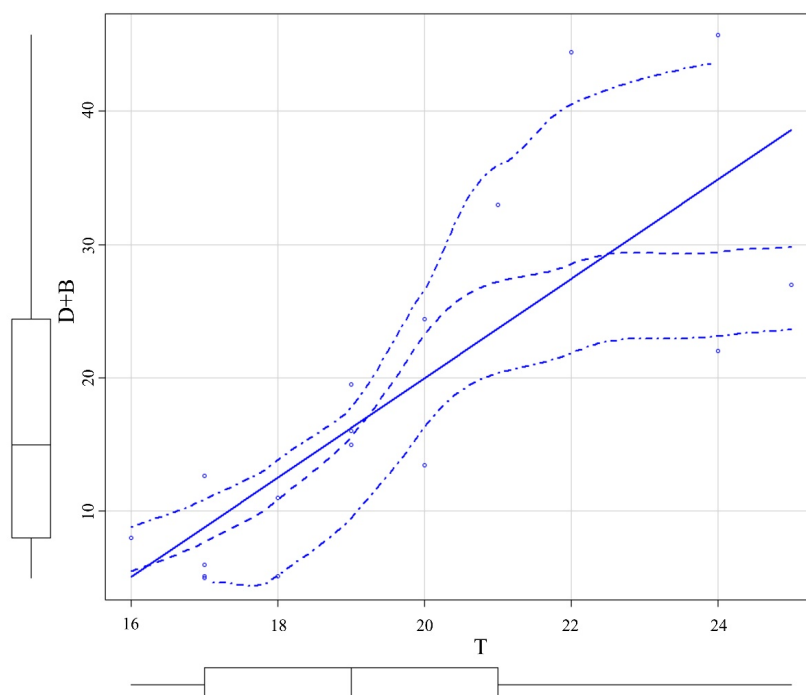


Рис. 3. Зависимость между плотность+биомасса (D+B) *V. (V.) viviparus* и температурой (Т) воды в р. Самара с доверительными интервалами

Fig. 3. Scattering diagram for the relationship between density+biomass (D+B) of *V. (V.) viviparus* and temperature (T) water in the Samara river with confidence intervals

Нами был проведен анализ морфометрических характеристик *V. (V.) viviparus* в р. Самара как показатель условий развития животных в различных экологических диапазонах окружающей среды [30, 31] по нескольким параметрам. Результаты проведенных исследований на особях вида, большая часть которых была половозрелая в возрасте 3+, на разных участках реки позволили выявить отличия по высоте и ширине раковин (табл. 1). Группа особей в реке от истока до устья имела среднюю высоту ра-

ковин 17,21 мм с шириной 11,36 мм. Размерные характеристики в разных участках реки неоднородны. Высота раковин в биотопах верхнего течения в сравнении с другими участками имеет средние значения – 18,3 мм с шириной 17,2 мм. Данный участок характеризуется минимальным антропогенным воздействием, однако естественные условия реки с высокой скоростью течения, малой площадью макрофитов не позволяют особям вида развиваться в достаточной степени хорошо [32, 33]. Морфометрические

параметры раковин в среднем течении имеют минимальные значения как по высоте – 16,4, так и по ширине раковин – 15,4. Более равномерные размерные характеристики могут свидетельствовать об улучшении условий в данной экологической обстановке реки, но их низкие показатели в сравнении с другими участками указывают на наличие негативных условий. На данной территории возрастает антропогенное воздействие на воды реки при небольшом отличии от гидрологических характеристик в верхнем течении. Высота раковин *V. (V.) viviparus* в нижнем участке имеет наибольшие значения – 19,5 с шириной 16,5. Увеличение размеров может указывать на улучшение абиоти-

ческих и биотических условий для развития этого вида, несмотря на значительное возрастание антропогенной нагрузки. Вероятно, загрязнение до определённой степени не сказывается на росте моллюска, а отсутствие некоторых естественных особенностей биотопа (например: отсутствие растительности, благоприятного субстрата, высокая скорость течения и др.) в большей мере оказывает воздействие на развитие *V. (V.) viviparus*.

Оценки значимости различий средних показателей морфометрических признаков моллюска из разных участков реки при помощи метода Краскела – Уолисса указывают на достоверность отличий размерных характеристик (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика морфологических признаков *V. (V.) viviparus* на участках р. Самара

Table 1

Comparative characteristics of morphological features *V. (V.) viviparus* on sections of the Samara river

Участок реки	Возраст	Высота раковины	H_{test}	p	Ширина раковины	H_{test}	p
Верхний	1+ – 3+	11,2–25,4	7,81	0,1	16,3–18,1	8,22	0,1
Средний	0+ – 3+	8,4–23,5	9,06	0,01	11,1–20,2	10,19	0,006
Нижний	1+ – 4+	10,7–30,0	18,66	0,002	9,6–22,8	17,59	0,003

Чтобы оценить влияние наиболее значимых абиотических и биотических факторов среды, определяющих распределение и развитие особей *V. (V.) viviparus* на участках р. Самара, была построена многомерная ординационная диа-

грамма методом канонического анализа соответствий (ССА). Была проведена оценка влияния 19 экологических переменных, среди которых к статистически значимым ($p \leq 0.05$) относятся 3 (табл. 2).

Таблица 2

Результаты пошагового регрессионного анализа методом Монте-Карло, объясняющие связь экологических переменных среды в каноническом анализе соответствий (ССА)

Table 2

Results of Monte Carlo step regression analysis explaining the relationship of environmental variables in canonical correspondence analysis (CCA)

Наименование показателей	λ -распределения	p -значение	F -критерий
Температура, °С	0,04	0,034	4,40
Глубина, м	0,04	0,038	6,04
БПК ₅ , мг О ₂ /л	0,03	0,041	2,27
Площадь макрофитов, %	0,02	0,146	1,62
Ширина, м	0,02	0,254	1,59
Тип грунта	0,02	0,262	1,33
Кислород дна, мг/л	0,02	0,290	2,89
рН	0,02	0,394	5,46
Минерализация, мг/л	0,02	0,178	1,74
Прозрачность, м	0,01	0,100	3,92
Фосфор общий, мг/л	0,01	0,258	4,15
Кальций, мг/л	0,01	0,298	6,17
Азот аммонийный, мг/л	0,01	0,458	0,00
Медь, мг/л	0,00	1,000	0,00
Азот нитратный, мг/л	0,00	1,000	0,00
Сульфаты, мг/л	0,00	1,000	0,00
Цинк, мг/л	0,00	1,000	0,00
Азот нитритный, мг/л	0,00	1,000	0,00
Свинец, мг/л	0,00	1,000	0,00

Результаты канонического анализа демонстрируют значимую связь осей (79 %) между

моллюском *V. (V.) viviparus* и градиентами факторов среды (рис. 4).

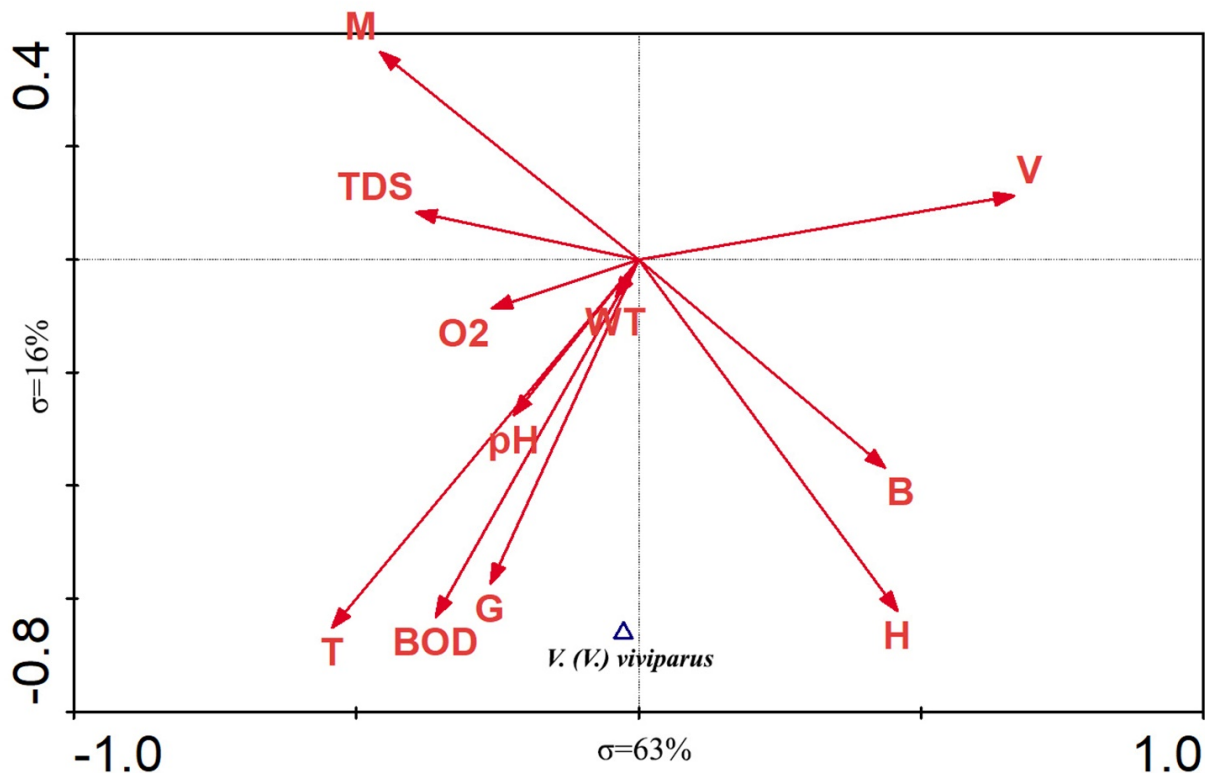


Рис. 4. Ординационная диаграмма ССА связи факторов среды и количественных показателей моллюска *V. (V.) viviparus* в р. Самара (векторы: V – скорость течения, H – глубина реки, M – площадь макрофитов, TDS – минерализация, pH – водородный показатель, T – температура воды, O₂ – содержание кислорода, G – тип грунта, WT – прозрачность воды, B – ширина реки)

Fig. 4. Diagram of the relationship between environmental factors and quantitative indicators of the *V. (V.) viviparus* mollusk in the Samara river (vectors: V – current velocity, H – depth, M – macrophyte area, TDS – mineralization, pH – hydrogen index, T – temperature, O₂ – dissolved O₂, G – soil type, WT – transparency, B – width)

Значительная изменчивость направления векторов свидетельствует о высокой взаимосвязи градиентов факторов среды. Также экологические переменные представлены разной длиной векторов, что указывает на разную степень их влияния на *V. (V.) viviparus* в р. Самара. Наиболее длинный вектор имеет температура воды и БПК₅.

Основные экологические факторы, рядом с которыми сосредоточен *V. (V.) viviparus*, определяющие распределение и развитие особей в р. Самара, имеют следующие показатели: температура воды, глубина участка реки, тип грунта, БПК₅ (см. рис. 4). Такие переменные среды, как медь, азот нитритный, сульфаты и др. оказывают наименьшее влияние на особей моллюска в реке (см. табл. 2).

Для установления нестационарности распределения моллюска *V. (V.) viviparus* на участках р. Самара был проведен анализ последовательностей данных по продольному градиенту реки с использованием теста Дики – Фуллера.

Результаты теста ($t = -3,377$, $p = 0,008$) показали наличие нелинейного тренда и, соответственно, пространственных экосистемных закономерностей от истока к устью реки. Таким образом, отдельный экологический фактор на биотопах реки не оказывает кардинального влияния на развитие и распределение особей вида, и лишь комплекс лимитирующих факторов может иметь существенное значение для моллюска *V. (V.) viviparus*.

Заключение

Работа позволила установить современное распространение популяции *V. (V.) viviparus* в равнинной р. Самара. Особи вида встречаются в различных экологических условиях от истока до устья реки. Наибольшая встречаемость особей отмечается в нижнем течении, на станциях в зоне подпора водами Саратовского водохранилища. Смена биотопов приводит к изменению плотности и биомассы на участках реки.

Максимальные показатели количественного развития моллюска отмечены на нижнем участке реки с наиболее благоприятной температурой воды около 25 °С.

В изменяющихся абиотических и биотических условиях в р. Самара морфометрические характеристики *V. (V.) viviparus* имели разные значения с наиболее высокими показателями в нижнем течении реки, что указывает на наиболее благоприятные биотопы для развития моллюсков этого вида.

К числу значимых абиотических факторов, оказывающих влияние на распределение *V. (V.) viviparus* в р. Самара, относятся: температура воды, глубина участка реки, тип грунта, БПК₅. Распределение моллюска в реке имеет нелинейный тренд и, следовательно, отсутствие

резких изменений, обусловленных критическими флуктуациями одного из факторов среды.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала Самарского федерального исследовательского центра РАН, тема (проект) № АААА–А17–117112040040–3 «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» (направление 51 «Экология организмов и сообществ»).

Библиографический список

1. Основные гидрологические характеристики рек бассейна Нижней Волги : научно-прикладной справочник / под ред. В. Ю. Георгиевского. – Ливны, 2015. – 129 с.
2. Падалко, Ю. А. Анализ регулирования речного стока в бассейне реки Самара / Ю. А. Падалко // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых : сб. ст. Всерос. молодежн. науч. конф. – Тольятти, 2019. – С. 352–355.
3. Кин, Н. О. Сосновые боры бассейна р. Самара / Н. О. Кин, О. Г. Калмыкова, А. Г. Рябуха // Поволжский экологический журнал. – 2011. – № 2. – С. 155–163.
4. Oehlmann, J. Molluscs as biondicators / J. Oehlmann, U. Schulte-Oehlmann // Trace Metals and other Contaminants in the Environment. – 2003. – Vol. 6. – P. 577–635.
5. Старобогатов, Я. И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов / Я. И. Старобогатов. – Ленинград : Наука, 1970. – 372 с.
6. Антонов, П. И. Биоинвазийные организмы в водоемах Средней Волги / П. И. Антонов // Самарская Лука. – 2008. – Т. 17 (3). – С. 500–517.
7. Виноградов, А. В. Фауна водных моллюсков Mollusca Самарской области / А. В. Виноградов // Степи Северной Евразии : сб. ст. IV Междунар. симп. – Оренбург, 2006. – С. 97–99.
8. Михайлов, Р. А. Видовой состав пресноводных моллюсков водоемов Среднего и Нижнего Поволжья / Р. А. Михайлов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16 (5). – С. 1765–1772.
9. Михайлов, Р. А. Малакофауна разнотипных водоемов и водотоков Самарской области / Р. А. Михайлов. – Тольятти : ООО «Кассандра», 2017. – 103 с.
10. Angelov, A. Freshwater molluscs (Mollusca: Gastropoda and Bivalvia) from the Srebarna Lake, Northeastern Bulgaria / A. Angelov // Historia naturalis bulgarica. – 2000. – Vol. 11. – P. 133–138.
11. Зинченко, Т. Д. Хирономиды поверхностных вод бассейна Средней и Нижней Волги (Самарская область): Эколого-фаунистический обзор / Т. Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2002. – 174 с.
12. Жадин, В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР / В. И. Жадин. – Москва ; Ленинград : АН СССР, 1952. – 376 с.
13. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
14. Старобогатов, Я. И. Моллюски. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. / Я. И. Старобогатов, Л. А. Прозорова, В. В. Богатов, Е. М. Саенко. – Санкт-Петербург : Наука, 2004. – Т. 6. – 528 с.
15. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. – Москва : Наука, 1975. – 254 с.
16. Vinarski, M. V. Analytical catalogue of fresh and brackish water molluscs of Russia and adjacent countries / M. V. Vinarski, Yu. I. Kantor. – Moscow : A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, 2016. – 544 p.
17. Мастицкий, С. Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков. – Москва : ДМК Пресс, 2015. – 496 с.
18. Legendre, P. Numerical Ecology / P. Legendre, L. Legendre. – Amsterdam : Elsevier Sci. BV, 2012. – 1006 p.
19. Dickey, D. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root / D. A. Dickey, W. A. Fuller // J. American Statistical Association. – 1979. – Vol. 74. – P. 427–431.

20. Oksanen, J. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-2 / J. Oksanen, F. G. Blanchet, R. Kindt. – 2011. – URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan>
21. Wood, S. Generalized Additive Models: An Introduction with R / S. Wood. – 2nd ed. – London : Chapman & Hall/CRC Press, 2017. – 476 p.
22. Shumway, R. H. Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples Third edition Stoffer / R. H. Shumway, D. S. Stoffer. – N. Y. : Springer, 2011. – 596 p.
23. Казанцев, И. В. Экологическая характеристика рек Самарской области / И. В. Казанцев // Символ науки. – 2016. – Т. 4. – С. 28–30.
24. Уваева, Е. И. Биоиндикационное значение популяционных характеристик живородок (Mollusca, Gastropoda, Viviparidae) в водоемах Центрального Полесья / Е. И. Уваева, Е. Д. Шимкович // Ученые записки Казанского университета. Сер.: Естественные науки. – 2017. – Т. 159 (3). – С. 521–530.
25. Солтанов, С. Х. Использование зооиндикатора *Viviparus viviparus* L. для оценки масштабов экологической опасности и степени токсичности технической авиационной жидкости «Skykem» / С. Х. Солтанов, Х. Б. Юнусов // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – Т. 3. – С. 97–102.
26. Mikhaylov, R. A. Distribution of mollusks of the genus *Dreissena* in water bodies and watercourses of the Middle and Lower Volga / R. A. Mikhaylov // Russian Journal of Biological Invasions. – 2015. – Vol. 6 (2). – P. 109–117.
27. Hubenov, Z. Fauna and zoogeography of Marine, freshwater and marine Mollusks (Molluska) in Bulgaria / Z. Hubenov // Biogeography and ecology of Bulgaria. – 2007. – Vol. 82. – P. 141–198.
28. Jakubik, B. Reproductive pattern of *Viviparus viviparus* (Linneus) (Gastropoda, Viviparidae) from littoral aggregations in a through flow reservoir (Central Poland) / B. Jakubik // Pol. J. Ecol. – 2006. – Vol. 54 (1). – P. 39–55.
29. Уваева, О. Фільтраційні здатності Живородки Болотяної (Mollusca: Opisthobranchia: Viviparidae) за дії різних абіотичних чинників водного Середовища / О. Уваева // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2012. – Т. 58. – С. 144–149.
30. Богомол, Э. В. Изучение антропогенного влияния города на гидробионтов на примере реки Москва : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Богомол Э. В. – Москва, 2003. – 22 с.
31. Оскольская, О. И. Влияние загрязнения шельфовой зоны Черного моря на морфофизиологические характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* Lmk / О. И. Оскольская, В. А. Тимофеев, Л. В. Бондаренко // Экология моря. – 1999. – Т. 49. – С. 84–89.
32. Mouthon, J. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: proposal for a scale of sensitivity of species / J. Mouthon // Hydrobiologia. – 1996. – Vol. 317. – P. 221–229.
33. Glöer, P. Süßwassermollusken – Ein Bestimmungsschlüssel für die Muscheln und Schnecken im Süßwasser der Bundesrepublik Deutschland / P. Glöer. – Göttingen : Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, 2015. – 135 p.

References

1. *Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki rek basseyna Nizhney Volgi: nauchno-prikladnoy spravochnik* [Basic hydrological characteristics of rivers of the Lower Volga basin: scientific and applied guidebook]. Ed. by V. Yu. Georgievskiy. Livny, 2015, 129 p. [In Russian]
2. Padalko Yu. A. *Ekologicheskiy sbornik 7: Trudy molodykh uchenykh: sb. st. Vseros. molodezhn. nauch. konf.* [Collection of articles on ecology 7: articles of young scientists: collection of articles of the National Youth Research Conference]. Tolyatti, 2019, pp. 352–355. [In Russian]
3. Kin N. O., Kalmykova O. G., Ryabukha A. G. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Volga ecological journal]. 2011, no. 2, pp. 155–163.
4. Oehlmann J., Schulte-Oehlmann U. *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*. 2003, vol. 6, pp. 577–635.
5. Starobogatov Ya. I. *Fauna mollyuskov i zoogeograficheskoe rayonirovanie kontinental'nykh vodoemov* [Mollusk fauna and zoogeographical zoning of continental bodies of water]. Leningrad: Nauka, 1970, 372 p. [In Russian]
6. Antonov P. I. *Samarskaya Luka* []. 2008, vol. 17 (3), pp. 500–517. [In Russian]
7. Vinogradov A. V. *Stepi Severnoy Evrazii: sb. st. IV Mezhdunar. simp.* [Steppes of Northern Eurasia: collection of articles of IV International Symposium]. Orenburg, 2006, pp. 97–99. [In Russian]
8. Mikhaylov R. A. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Samara Research Centre of the Russian Academy of Sciences]. 2014, vol. 16 (5), pp. 1765–1772. [In Russian]
9. Mikhaylov R. A. *Malakofauna raznotipnykh vodoemov i vodotokov Samarskoy oblasti* [Malakofauna of different-type water basins and stream flows of the Samara region]. Tolyatti: OOO «Kassandra», 2017, 103 p. [In Russian]
10. Angelov A. *Historia naturalis bulgarica* [Bulgarian natural history]. 2000, vol. 11, pp. 133–138.
11. Zinchenko T. D. *Khironomidy poverkhnostnykh vod basseyna Sredney i Nizhney Volgi (Samarskaya oblast'): Ekologo-faunisticheskiy obzor* [Chironomids of surface waters of the Middle and Lower Volga basin (the Samara region): ecological and faunistic review]. Tolyatti: IEVB RAN, 2002, 174 p. [In Russian]
12. Zhadin V. I. *Mollyuski presnykh i solonovatykh vod SSSR* [Mollusks of fresh and brackish waters of the USSR]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1952, 376 p. [In Russian]
13. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guidebook on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. Ed. by V. A. Abakumov. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992, 318 p. [In Russian]

14. Starobogatov Ya. I., Prozorova L. A., Bogatov V. V., Saenko E. M. *Mollyuski. Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy* [Mollusks: identification guide for freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. Saint-Petersburg: Nauka, 2004, vol. 6, 528 p. [In Russian]
15. *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* [Methods for studying biogeocenoses of inland water bodies]. Ed. by F. D. Mordukhay-Boltovskiy. Moscow: Nauka, 1975, 254 p. [In Russian]
16. Vinarski M. V., Kantor Yu. I. *Analytical catalogue of fresh and brackish water molluscs of Russia and adjacent countries*. Moscow: A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, 2016, 544 p.
17. Mastitskiy S. E., Shitikov V. K. *Statisticheskii analiz i vizualizatsiya dannykh s pomoshch'yu R* [Statistical analysis and data visualization with R]. Moscow: DMK Press, 2015, 496 p. [In Russian]
18. Legendre P., Legendre L. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier Sci. BV, 2012, 1006 p.
19. Dickey D. A., Fuller W. A. *J. American Statistical Association*. 1979, vol. 74, pp. 427–431.
20. Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R. *Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-2*. 2011. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan>
21. Wood S. *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. 2nd ed. London: Chapman & Hall/CRC Press, 2017, 476 p.
22. Shumway R. H., Stoffer D. S. *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples Third edition Stoffer*. New York: Springer, 2011. 596 p.
23. Kazantsev I. V. *Simvol nauki* [The symbol of science]. 2016, vol. 4, pp. 28–30. [In Russian]
24. Uvaeva E. I., Shimkovich E. D. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki* [Proceedings of the Kazan Universities: Natural Sciences series]. 2017, vol. 159 (3), pp. 521–530. [In Russian]
25. Soltanov S. Kh., Yunusov Kh. B. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and applied ecology]. 2017, vol. 3, pp. 97–102. [In Russian]
26. Mikhaylov R. A. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2015, vol. 6 (2), pp. 109–117.
27. Hubenov Z. *Biogeography and ecology of Bulgaria*. 2007, vol. 82, pp. 141–198.
28. Jakubik B. *Pol. J. Ecol.* 2006, vol. 54 (1), pp. 39–55.
29. Uvaeva O. *Visnik L'vivskogo universitetu. Seriya biologichna* [Proceedings of the University of Lvov. Biological series]. 2012, vol. 58, pp. 144–149.
30. Bogomol E. V. *Izuchenie antropogennogo vliyaniya goroda na gidrobiontov na primere reki Moskva: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Study of the anthropogenic influence of the city on aquatic organisms by the example of the Moscow River: abstract of thesis of Cand. biol. sciences]. Moscow, 2003, 22 p. [In Russian]
31. Oskol'skaya O. I., Timofeev V. A., Bondarenko L. V. *Ekologiya morya* [Sea ecology]. 1999, vol. 49, pp. 84–89. [In Russian]
32. Mouthon J. *Hydrobiologia*. 1996, vol. 317, pp. 221–229.
33. Glöer P. *Süßwassermollusken – Ein Bestimmungsschlüssel für die Muscheln und Schnecken im Süßwasser der Bundesrepublik Deutschland* [Freshwater mollusks - A key for identifying mussels and snails in the freshwater of the Federal Republic of Germany]. Göttingen: Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, 2015, 135 p.