

Р. А. Михайлов

Распределение легочного моллюска *Lymnaea (Lymnaea) stagnalis* (Mollusca: Gastropoda) в реке Самара (бассейн Саратовского водохранилища)

Результаты исследования *L. (L.) stagnalis* в р. Самара позволили установить особенности распределения вида на разных участках водотока. Наибольшая встречаемость зарегистрирована в нижнем течении реки, что обусловлено небольшой скоростью течения и наличием зарослей высшей водной растительности. Моллюск предпочитает расселяться на биотопах в зарослях *Typha angustifolia* L. и *Potamogeton perfoliatus* L. Максимальная численность была зарегистрирована в малом водохранилище зарегулированного участка реки, а наибольшие значения биомассы отмечались в зоне подпора водами Саратовского водохранилища. Наиболее значимыми экологическими факторами, оказывающими влияние на количественные показатели моллюска в р. Самара, являются температура воды, площадь зарастания макрофитами и скорость течения.

Ключевые слова: распространение вида, Gastropoda, *Lymnaea stagnalis*, река, абиотические и биотические факторы.

Введение

Реки Нижнего Поволжья, расположенные на территории юго-западной части Европейской России, испытывают различную экологическую нагрузку [8]. Данная территория характеризуется значительным разнообразием водных объектов, общая площадь бассейна которых равна 280 тыс. км². Всего в этом регионе расположено более 6300 водотоков, из них 18 относятся к большим, 777 рек имеют длину около 10 км, а основную массу составляют малые реки [18].

Лотические экосистемы определяются динамичностью гидролого-гидрохимических характеристик, изменчивостью во времени и пространстве [9]. В данных системах происходят значительные трансформации естественных условий в результате антропогенного загрязнения [12].

Одной из важнейших составляющих в совокупности организмов пресноводных экосистем являются моллюски. Это основной компонент бентоса рек по численности, биомассе и разнообразию [1; 20]. Фитофильные брюхоногие моллюски, предпочитающие водную растительность как для питания, так и в качестве субстрата, представляют собой ключевое звено в трофических цепях многих видов рыб, птиц и млекопитающих [11; 22].

Несмотря на то что имеется ряд публикаций по пресноводным моллюскам бассейна Саратовского водохранилища, полученные данные на этой территории представлены весьма фрагментарно [2; 4; 15; 16].

Цель нашего исследования — изучить влияние различных видов экологических факторов на распределение количественных показателей моллюска *Lymnaea (Lymnaea) stagnalis* (Linnaeus, 1758) в разных местообитаниях реки Самара.

Материалы и методы исследования

Река Самара является крупнейшим левобережным притоком Саратовского водохранилища (52°03'25" с. ш. и 54°34'00" в. д.). Она берет начало на северных склонах Общего Сырта в Оренбургской области и впадает в Саратовское водохранилище в районе г. Самара. Длина реки составляет 594 км, площадь бассейна — 46 500 км². Ее питание преимущественно снеговое, а притоки подпитываются водами, поступающими из пермских водоносных отложений. Пойма развитая, с многочисленными озерами, протоками и старицами. Река имеет более 50 притоков, три из которых длиной свыше 200 км, крупнейший из них — р. Большой Кинель [5; 7; 18].

© Михайлов Р. А., 2020

Река Самара исследована от истока до места впадения в Саратовское водохранилище. Всего обследовано 17 станций, относящихся к разным участкам реки (рис. 1). Пробы отбирались в июне 2017 г. с помощью гидробиологического скребка и дночерпателя Экмана — Берджи. В береговой части реки сбор проб выполнен по стандартной площадной методике с использованием количественной рамки и скребка (длина ножа 0,2 м). Отбор проб в глубоководном участке реки осуществлен с применением дночерпателя Экмана — Берджи (1/40 м²) по две повторности [19]. Все биотопы осматривались, замеченные моллюски собирались вручную. Всего были отобраны и обработаны 34 качественные и количественные пробы. Полученный материал фиксировали 95%-ным раствором этанола, который через неделю заменяли на 70%-ный [21].

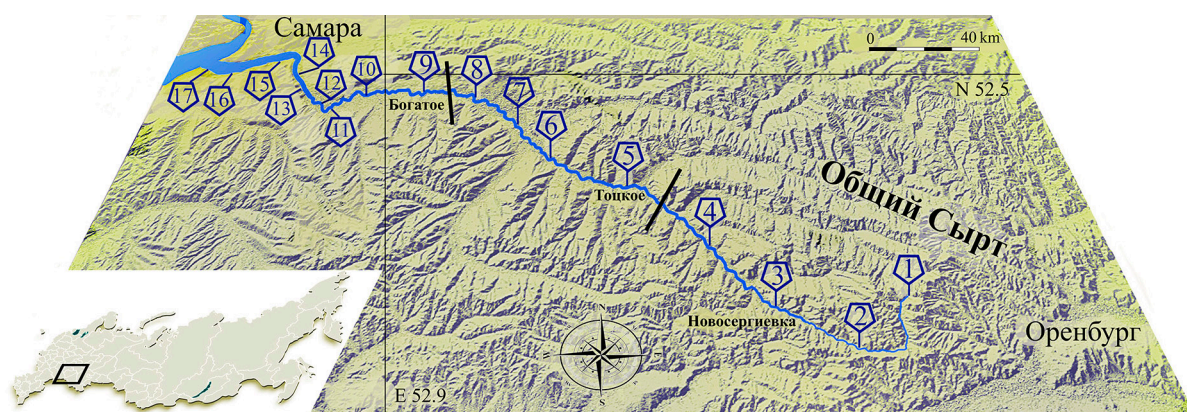


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб на р. Самара: 1 — исток; 2 — пос. Переволоцкий; 3 — пос. Новосергиевка; 4 — г. Сорочинск (Сорочинское вдхр.); 5 — с. Тощкое; 6 — г. Бузулук; 7 — с. Борское; 8 — с. Богатое; 9 — с. Съезжее; 10 — Ясная Поляна; 11 — с. Утиновка; 12 — с. Домашка; 13 — с. Спиридоновка; 14 — с. Бобровка; 15 — с. Алексеевка; 16 — Южный мост (г. Самара); 17 — Засамарская слобода (г. Самара). | — границы участков реки

Камеральная обработка выполнена в лаборатории, где моллюски были отсортированы, подсчитаны и идентифицированы с помощью ключей П. В. Кияшко с соавторами [10]. Видовая принадлежность собранного материала соответствует современной номенклатуре, принятой в каталоге пресноводных моллюсков территории бывшего СССР М. В. Винарского и Ю. И. Кантора [63].

Одновременно со сбором моллюсков проводили измерения физико-химических параметров воды (температура, содержание кислорода, рН, минерализация) с помощью аналитических приборов (НИ 98127, НИ 9146, НИ 98302). Также были описаны гидрологические особенности биотопов: скорость течения (гидрометрическая вертушка), глубина (глубиномер «Практик»), ширина (геометрический метод), прозрачность (диск Секки). Определены типы грунтов [6], видовая принадлежность макрофитов и площадь их зарастания [13; 19]. Производили отбор образцов воды для гидрохимического анализа в лаборатории Института экологии Волжского бассейна РАН — филиала Самарского научного центра РАН.

Для количественной оценки моллюска на участках реки учитывали численность (N экз./м²), биомассу (B г/м²) и частоту встречаемости [23]. До проведения статистического анализа количественные показатели были преобразованы с помощью χ^2 -трансформации [44].

Взаимосвязь между экологическими факторами и моллюском оценивалась с помощью канонического анализа соответствий (ССА). Оценка связи абсолютных значений

численности и биомассы моллюска с видами макрофитов осуществлялась с использованием метода корреляции Спирмена.

Все расчеты выполнены с использованием статистической среды R v. 3.02 и ее пакетов *vegan*, *mgcv*, *tseries*.

Результаты и их обсуждение

В период наблюдений исследованные станции р. Самара различались по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам. Глубина реки находилась в диапазоне от 0,2 м (исток) до 12 м (устье). Ширина водотока изменялась от 2 до 500 м. Для реки свойственно значительное колебание скорости течения — от 0,1 до 1,2 м/с, с максимальными показателями в нижнем течении. Грунт в прибрежье и на русле представлен песчаными и песчано-илистыми отложениями с небольшим содержанием растительных остатков. Значительная скорость течения и преобладание песчаного типа грунтов оказывают влияние на площадь зарастания водной растительностью, ее значения не превышают 20% на всем протяжении реки. Температура воды на разных участках изменялась от 14°C в верховье реки до 25°C в ее нижнем течении.

По содержанию ионов водорода вода в реке относится к слабощелочной (рН колеблется между 7,6 и 9). Общая минерализация неустойчива и меняется в диапазоне 392—839 мг/л за счет влияния питающих реку подземных вод.

Река испытывает различную антропогенную нагрузку, основные источники загрязнения — сельское хозяйство и промышленная деятельность. Согласно удельному комбинаторному индексу (УКИЗВ), вода в реке характеризуется как «загрязненная». Для большинства исследованных участков характерно превышение ПДК по двум показателям — меди и азоту нитратному — в 3—4 раза (табл. 1).

Таблица 1

Некоторые гидрохимические показатели р. Самара*

Показатель	Кратность превышения ПДК		
	Верхнее течение	Среднее течение	Нижнее течение
Азот аммонийный, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Азот нитратный, мг/л	1 ПДК	1—3 ПДК	1—4 ПДК
Азот нитритный, мг/л	1 ПДК	1 ПДК	1 ПДК
Минерализация, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Медь, мг/л	<ПДК	1—3 ПДК	1—3 ПДК
Сульфаты, мг/л	<ПДК	1 ПДК	1 ПДК
Железо общее, мг/л	1 ПДК	<ПДК	1 ПДК
Кальций, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
БПК ₅ , мг O ₂ /л	<ПДК	1 ПДК	1 ПДК
Цинк, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Хлориды, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Никель, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Свинец, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Общий фосфор, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК
Марганец, мг/л	<ПДК	<ПДК	<ПДК

* Составлено автором по результатам исследования р. Самара.

Имеющиеся литературные сведения по моллюскам р. Самара представлены общими систематическими списками без экологического анализа [15—17 и др.]. Нами особи пресноводного моллюска *L. (L.) stagnalis* найдены в различных биотопах от истока до

устья р. Самара. Вид регистрировался на участках с различными абиотическими и биотическими условиями, что подтверждает факт обитания в широком спектре экологических условий как природного, так и антропогенного происхождения [59; 69 и др.]. Вид был зафиксирован преимущественно в пределах высшей водной растительности.

Встречаемость моллюска для всей реки в различных экологических условиях составила 53%. Чаще всего моллюск регистрировался на станциях нижнего течения реки. Это во многом объясняется наличием благоприятных биотопов (низкая скорость течения, наличие зарослей макрофитов и т.д.), образованных за счет влияния вод Саратовского водохранилища. Значительный подпор (около 50 км) воды оказывает воздействие на поток в виде уменьшения скорости течения и осаждения наносов, уменьшения мутности воды как в зоне водохранилища, так и в зоне выклинивания подпора [14]. На этом же участке возрастает содержание ила в грунтах и увеличивается площадь зарастания макрофитами, что имеет большое значение для фитофильных организмов.

В р. Самара численность особей *L. (L.) stagnalis* была различна на участках от истока до устья и в среднем составляла 4,88 экз./м² (рис. 2). Наибольшее значение (16 экз./м²) зарегистрировано в верхнем течении реки на станции 4 (Сорочинское водохранилище), где абиотические и биотические условия (площадь зарастания макрофитами, низкая скорость течения, тип грунта и т.д.) были наиболее благоприятными.

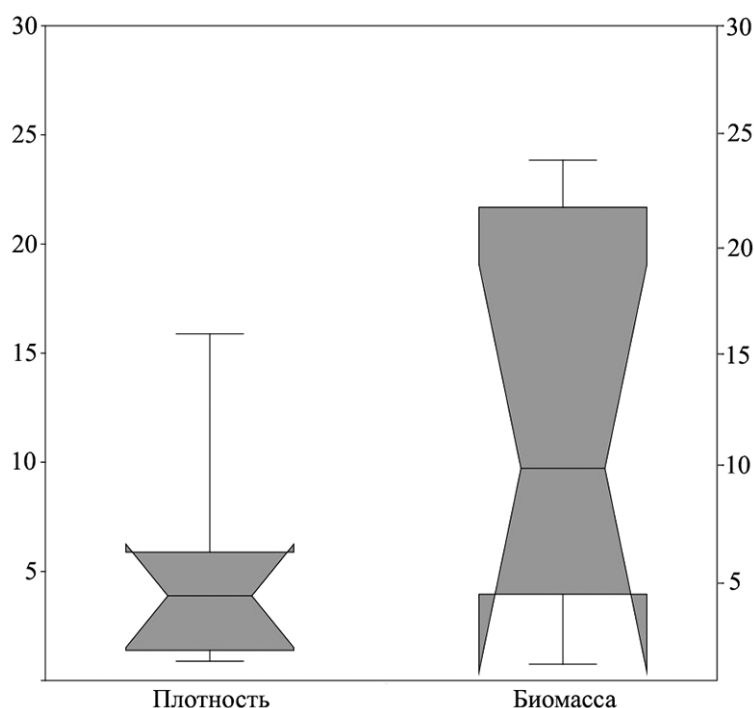


Рис. 2. Численность (экз./м²) и биомасса (г/м²) *L. (L.) stagnalis* в р. Самара

Показатели биомассы моллюска имели значительные колебания на разных участках и в среднем составили 12,59 г/м² (рис. 2). Несмотря на то что наибольшее значение по численности отмечено в верхнем течении, максимальная биомасса (23,96 г/м²) зарегистрирована в нижнем. Основным отличием моллюсков на участках реки является большее количество ювенильных особей в Сорочинском водохранилище с малым индивидуальным весом (в среднем 1,26 г), в то время как в нижнем течении чаще находились особи с высотой раковины более 35 мм со средним индивидуальным весом 4,45 г.

Для установления наиболее значимых экологических факторов среды, определяющих распределение и количественные изменения особей *L. (L.) stagnalis* на участках

р. Самара, была построена многомерная ординационная диаграмма методом канонического анализа соответствий (ССА). Полученные данные показали, что первая и вторая оси объясняют 51% вариации зависимости между количественными данными вида и переменными окружающей среды. Значительная изменчивость направления векторов свидетельствует о высокой взаимосвязи градиентов факторов среды. Также экологические переменные представлены разной длиной векторов, что указывает на различную степень их влияния на количественные показатели моллюска в р. Самара (рис. 3).

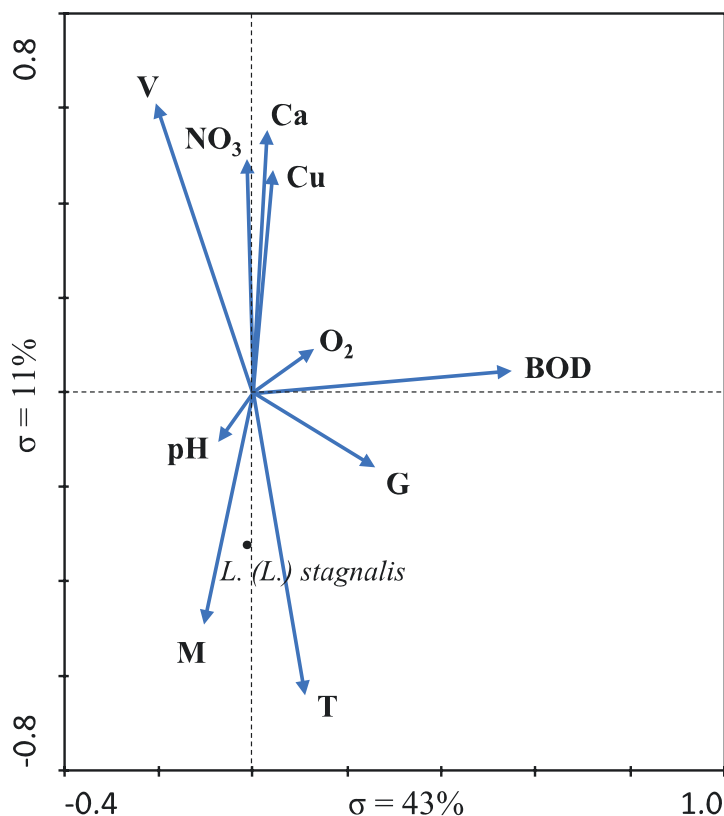


Рис. 3. Ординационная диаграмма ССА связи факторов среды и *L. (L.) stagnalis* в р. Самара. Векторы: М — зарастаемость, V — скорость течения, Т — температура воды, BOD — БПК₅, pH — водородный показатель, O₂ — растворенный кислород, G — тип грунта, NO₃ — азот нитратный, Ca — кальций, Cu — медь

Рандомизированный тест Монте-Карло показал значимые (999 перестановок, $p = 0,05$) результаты для 3 из 19 оцениваемых переменных среды (табл. 2). Только температура воды, скорость течения и площадь зарастания макрофитами были значимыми ($p \leq 0,05$) параметрами, связанными с количественными показателями моллюска в р. Самара. Остальные оцениваемые факторы, такие как БПК₅, pH, растворенный кислород, фосфор и другие, не выявили каких-либо существенных корреляций с численностью и биомассой вида.

Концентрация основных загрязнителей в реке (меди и нитратов), согласно результатам многофакторного анализа, не влияет на количественные показатели *L. (L.) stagnalis*, несмотря на относительно высокие значения (3—4 ПДК). Похожие результаты наблюдались разными исследователями [36; 66 и др.]. Однако тот факт, что высокие концентрации могут вызывать гибель, неоспорим и, согласно литературным данным, пороговые значения для пресноводных моллюсков по нитратам составляют 40 мг/л, а при концентрации до 20 мг/л численность постепенно увеличивается [33; 52]. Содержание ионов меди в воде около 0,048 мг/л является губительным для моллюска, при концентрации до

0,012 мг/л не происходит каких-либо изменений [27]. Это указывает на то, что в естественных условиях моллюск способен переносить более высокие концентрации этих элементов, чем было ранее установлено в ходе токсикологических исследований.

Таблица 2

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

Показатель	χ^2	<i>p</i> -значение	F-критерий
Температура, °С	0,08	0,02	2,48
Зарастаемость, %	0,07	0,03	1,63
Тип грунта	0,03	0,12	1,11
БПК ₅ , мг O ₂ /л	0,03	0,18	1,12
O ₂ , мг/л	0,04	0,21	1,13
Ширина, м	0,01	0,28	1,77
Азот аммонийный, мг/л	0,02	0,24	3,15
Фосфор общий, мг/л	0,01	0,28	4,57
Прозрачность, м	0,01	0,09	2,35
pH	0,01	0,19	1,87
Азот нитратный, мг/л	0,01	0,24	1,92
Скорость течения, м/с	0,01	0,05	7,67
Кальций, мг/л	0,00	0,19	0,00
Глубина, м	0,00	1,00	0,00
Медь, мг/л	0,00	1,00	0,00
Минерализация, мг/л	0,01	0,14	3,07
Азот нитритный, мг/л	0,00	1,00	0,00
Сульфаты, мг/л	0,00	1,00	0,00
Цинк, мг/л	0,00	1,00	0,00

Температура воды является одним из наиболее важных факторов, влияющих на моллюсков [26; 28; 40; 48]. Согласно результатам многофакторного анализа (табл. 2, рис. 3), температура на участках реки положительно коррелирует с количественными показателями моллюска *L. (L.) stagnalis*. Низкая численность и биомасса вида наблюдаются при температуре 14°C. Данные условия благоприятны для дыхания моллюска [57] и приводит к возобновлению жизнедеятельности вида и расселению в характерных для них местобитаниях. С увеличением температуры воды в р. Самара количество особей увеличивается и достигает наибольших значений при температуре 22—24°C. Похожие результаты для моллюсков получены и в других исследованиях, где указан благоприятный диапазон от 20 до 25°C [47].

Такой абиотический фактор, как скорость течения воды, часто является одним из определяющих, он значительно влияет на распределение моллюска *L. (L.) stagnalis* в речных экосистемах [25; 54; 55; 66]. Согласно исследованию, проведенному Джобином и Иппеном [42], моллюск способен удерживаться на субстрате при скорости течения около 0,65 м/с. Однако большие размеры раковин значительно усложняют и возможность оставаться прикрепленными. Крупные особи способны удерживаться на субстрате при скорости течения около 0,33 м/с [51]. Результаты канонического анализа (табл. 2, рис. 3) показали, что скорость течения имеет отрицательную корреляцию с распределением особей *L. (L.) stagnalis*, т.е. при меньшей скорости потока воды количественные показатели увеличиваются. С увеличением скорости течения условия становятся неблагоприятными

ми для моллюска. На станциях реки, где течение превышало 0,7 м/с, моллюск не был зарегистрирован. В результате наиболее благоприятные значения скорости течения для моллюска в р. Самара находятся в диапазоне от 0,1 до 0,4 м/с, при которых было зарегистрировано наибольшее количество особей.

Макрофиты способствуют поддержанию видового богатства моллюсков [32; 43; 53], повышают продуктивность прибрежных зон за счет обеспечения разнообразными пищевыми ресурсами [26; 46; 65]. Также растительность создает для них физические условия среды обитания [61], защищая от волнового воздействия, высокой скорости течения и хищников. Рост видового богатства макрофитов способен влиять на численность моллюска за счет дифференцированного распределения таксонов по определенным видам высшей водной растительности, что может объясняться разными особенностями (возрастные, место выхода из яиц и др.) [31; 57; 58]. Поэтому был проведен анализ зависимости распределения моллюсков как от площади макрофитов, так и отдельно оценен вклад каждого таксона высшей водной растительности, на котором зарегистрированы особи вида.

Результаты многофакторного дисперсионного анализа показали достоверную связь (табл. 2) между численностью и биомассой моллюска с площадью зарастания водной растительностью. Увеличение площади макрофитов значительно повышает благоприятные условия для формирования популяций *L. (L.) stagnalis* в р. Самара. При отсутствии растительности моллюск не был зарегистрирован или были найдены единичные особи. Таким образом, следует ожидать, что увеличение количества высшей водной растительности приведет к повышению доступных микробиотопов, кроме того, возрастет защита от хищников в большом комплексе зарослей макрофитов.

Оценка приуроченности *L. (L.) stagnalis* к составу макрофитов показала, что пресноводный моллюск имеет дифференцированное распределение по видам растений. Наибольшую корреляцию ($p = 0,0007$) имеет рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L., 1753) и в меньшей степени ($p = 0,02$) рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L., 1753) (рис. 4). Проведенная оценка связи с другими видами макрофитов (*Sagittaria sagittifolia* L. (1753), *Potamogeton natans* L., 1753, *Potamogeton crispus* L., (1753), *Elodea canadensis* Michx. (1803), *Ceratophyllum demersum* L., 1753, *Nuphar lutea* L., 1753), на которых были найдены особи моллюска, показала незначимую корреляцию ($p > 0,05$).

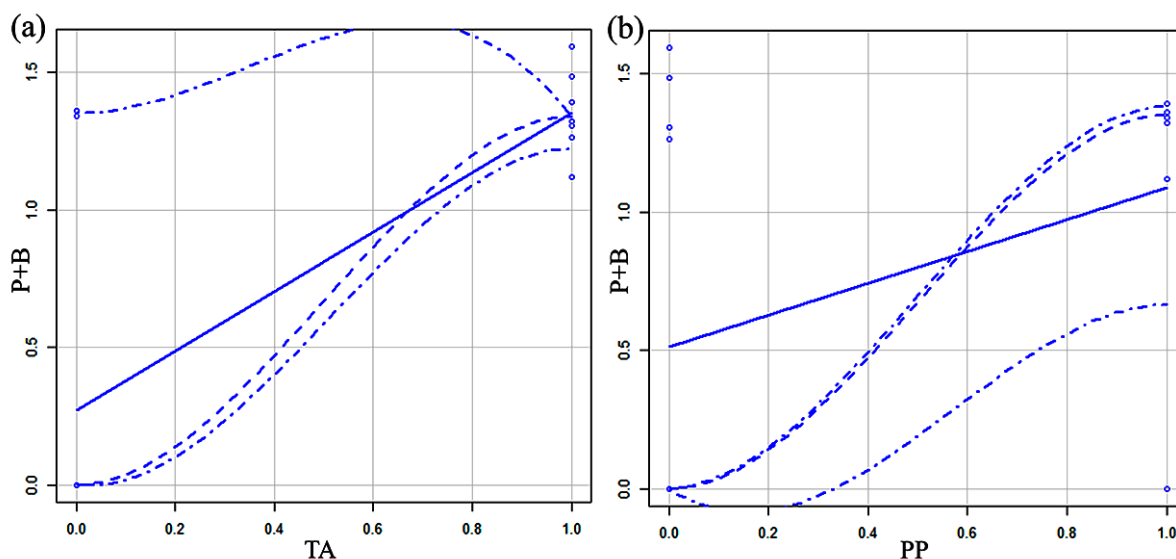


Рис. 4. График корреляционной зависимости численности и биомассы *L. (L.) stagnalis* к макрофитам *T. angustifolia* (а) и *P. perfoliatus* (б) с отображением 95%-ных доверительных интервалов и линией регрессии

Концентрация ионов кальция в воде имеет большое значение для пресноводных моллюсков [26; 37; 38]. Водные моллюски способны усваивать кальций, поглощаемый из внешней среды и из потребляемой ими пищи, являющийся важнейшим компонентом для формирования раковины, и его низкие концентрации могут привести к уменьшению численности улиток в водной среде [47; 49; 68]. По результатам канонического анализа соответствий (табл. 2) содержание ионов кальция в воде р. Самара для *L. (L.) stagnalis* не оказывало статистически значимого влияния на распределение моллюска. Данные концентрации на станциях не опускались ниже 70 мг/л, что значительно выше допустимых пороговых значений (20 мг/л) [68]. Таким образом, концентрация кальция в воде р. Самара была достаточна и не являлась одним из лимитирующих факторов среды в распределении моллюска.

Заключение

В результате исследования пресноводного моллюска *L. (L.) stagnalis* в р. Самара установлено, что встречаемость вида на станциях составляет 53%. Наиболее часто особи регистрировались в участке нижнего течения реки. Количественные показатели моллюска не имеют четких закономерностей от истока до устья р. Самара. Максимальная численность зарегистрирована в верхнем течении на станции, где расположено Сорочинское водохранилище. Наиболее высокие значения по биомассе отмечены в нижнем участке в зоне влияния вод Саратовского водохранилища.

Оценка влияния абиотических и биотических факторов на количественные показатели *L. (L.) stagnalis* в р. Самара, выполненная методом многомерной ординации, позволила установить три наиболее значимых фактора: температура воды, площадь зарастания макрофитами и скорость течения.

Согласно полученным данным, моллюск способен переносить более высокие (3—4 ПДК) концентрации загрязнителей (медь, азот нитратный), чем ранее было установлено исследователями в ходе лабораторных экспериментов.

Выполненный анализ связи видового богатства макрофитов с количественными показателями моллюска выявил значимую корреляцию с двумя видами высшей водной растительности: *Typha angustifolia* L. и *Potamogeton perfoliatus* L.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» (направление 51 «Экология организмов и сообществ») № АААА-А17-117112040040-3.

Список использованной литературы

1. Алимов А. Ф. Функциональная экология пресноводных двусторчатых моллюсков. Л. : Наука, 1981. 248 с.
2. Антонов П. И. Биоинвазийные организмы в водоемах Средней Волги // Самарская Лука. 2008. Т. 17, № 3 (25). С. 500—517.
3. Березкина Г. В., Старобогатов Я. И. Экология размножения и кладки яиц пресноводных легочных моллюсков / под ред. И. М. Лихарева. Л. : Зоол. ин-т, 1988. 307 с. (Тр. Зоол. ин-та / АН СССР. Т. 174).
4. Головатюк Л. В., Шитиков В. К., Зинченко Т. Д. Оценка зонального распределения видов донных сообществ равнинных рек бассейна Средней и Нижней Волги // Поволжский экологический журнал. 2017. № 4. С. 335—345. DOI: 10.18500/1684-7318-2017-4-335-345.
5. Голубая книга Самарской области: Редкие и охраняемые гидробиоценозы / под ред. Г. С. Розенберга и С. В. Саксонова. Самара : СамНЦ РАН, 2007. 200 с.
6. Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М. ; Л. : АН СССР, 1952. 376 с.
7. Зинченко Т. Д. Хируномиды поверхностных вод бассейна Средней и Нижней Волги (Самарская область): Эколого-фаунистический обзор. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2002. 174 с.
8. Зинченко Т. Д. Эколого-фаунистическая характеристика хируномид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (Атлас). Тольятти : Кассандра, 2011. 258 с.

9. Зинченко Т. Д., Промахова Е. В., Головатюк Л. В., Абросимова Э. В., Попченко Т. В., Шитиков В. К. Экологическая характеристика лотической системы на примере малых рек Волжского бассейна: методологические подходы исследований // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20, № 5 (2). С. 167—179.
10. Кияшко П. В., Солдатенко Е. В., Винарский М. В. Класс Брюхоногие моллюски // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М. ; СПб. : Т-во науч. изданий КМК, 2016. С. 335—438.
11. Круглов Н. Д. Моллюски семейства прудовиков (Lymnaeidae, Gastropoda, Pulmonata) Европы и Северной Азии. Смоленск : Изд-во СГПУ, 2005. 507 с.
12. Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. М. : Наука, 2005. 263 с.
13. Матвеев В. И., Соловьева В. В., Саксонов С. В. Экология водных растений. 2-е изд., испр. и доп. Самара : Самарский НЦ РАН, 2005. 282 с.
14. Михайлов В. Н. Гидрологические процессы в устьях рек. М. : ГЕОС, 1997. 176 с.
15. Михайлов Р. А. Видовой состав пресноводных моллюсков водоемов Среднего и Нижнего Поволжья // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 5 (5). С. 1765—1772.
16. Михайлов Р. А. Эколого-фаунистический анализ структуры сообщества моллюсков реки Самара // Вода: химия и экология. 2015. № 1. С. 82—90.
17. Михайлов Р. А. Малакофауна разнотипных водоемов и водотоков Самарской области. Тольятти : Кассандра, 2017. 103 с.
18. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Нижней Волги / под ред. В. Ю. Георгиевского. Ливны, 2015. 129 с.
19. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.
20. Старобогатов Я. И. Биологическое разнообразие моллюсков континентальных водоемов и состояние его изученности в Российской Федерации и соседних государствах // Биоразнообразие: Степень таксономической изученности. М. : Наука, 1994. С. 60—64.
21. Старобогатов Я. И., Прозорова Л. А., Богатов В. В., Саенко Е. М. Моллюски. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 6. СПб. : Наука, 2004. 528 с.
22. Хохуткин И. М., Винарский М. В., Гребенников М. Е. Моллюски Урала и прилегающих территорий. Семейство Прудовиковые Lymnaeidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Ч. 1. Екатеринбург : Гощицкий, 2009. 162 с.
23. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
24. Akerland G. Oxygen consumption of the ampullariid snail *Marisa cornuarietis* L. in relation to body weight and temperature // Oikos. 1969. Vol. 20. P. 529—533. DOI: 10.1016/0300-9629(74)90479-4.
25. Allan J. D., Castillo M. M. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. 2nd ed. Dordrecht : Springer, 2007. 436 p.
26. Briers R. Range size and environmental calcium requirements of British freshwater gastropods // Global Ecology and Biogeography. 2003. Vol. 12, N 1. P. 47—51. DOI: 10.1046/j.1466-822X.2003.00316.x.
27. Brix K., Esbaugh A., Grosell M. The toxicity and physiological effects of copper on the freshwater pulmonate snail, *Lymnaea stagnalis* // Comparative Biochemistry and Physiology. 2011. P. 261—267. DOI: 10.1016/j.cbpc.2011.06.004.
28. Berg K., Lumbye J., Ockelmann K. W. Seasonal and experimental variations of the oxygen consumption of the limpet *Ancylus fluviatilis* (O. F. Muller) // Journal of Experimental Biology. 1957. Vol. 35. P. 43—73.
29. Brönmark C., Vermaat J. E. Complex fish-snail-epiphyton interactions and their effects on submerged freshwater macrophytes // The structuring role of submerged macrophytes in lakes / E. Jeppesen, M. Söndergaard, M. Söndergaard, & K. Christoffersen (eds.). New York : Springer Verlag, 1998. P. 47—68.
30. Brown K. M. Temporal and spatial patterns of abundance in the gastropod assemblage of a macrophyte bed // American Malacological Bulletin. 1997. Vol. 14. P. 27—33.
31. Calow P. Gastropod associations within Malham Tam, Yorkshire // Freshwater Biology. 1973. Vol. 3. P. 521—534. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1973.tb00074.x.
32. Cañedo-Argüelles M., Rieradevall M. Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: Response to changes in the habitat condition // Limnologia. 2011. Vol. 41. P. 363—370. DOI: 10.1016/j.limno.2011.04.001.
33. Camargo J. A., Alonso A. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment // Environment International. 2006. Vol. 32. P. 831—849. DOI: 10.1016/j.envint.2006.05.002.

34. Cardona L. Trophic cascades uncoupled in a coastal marsh ecosystem // *Biological Invasions*. 2006. Vol. 8. P. 835—842. DOI: 10.1007/s10530-005-0420-0.
35. Diehl S., Kornijów R. The influence of submerged macrophytes on trophic interactions among fish and macroinvertebrates // *The structuring role of submerged macrophytes in lakes* / E. Jeppesen, M. Søndergaard, M. Søndergaard, & K. Christoffersen (eds.). New York : Springer Verlag, 1998. P. 24—46.
36. Gallardo B., Garcia M., Cabezas A., Gonzalez E., Gonzalez M., Ciancarelli C., Comin F. A. Macroinvertebrate patterns along environmental gradients and hydrological connectivity within a regulated river-floodplain // *Aquatic Sciences*. 2008. Vol. 70. P. 248—258.
37. Greenway P. Calcium regulation in the freshwater mollusc, *Limnaea stagnalis* (L.) (Gastropoda: Pulmonata). I. The effect of internal and external calcium concentration // *Journal of Experimental Biology*. 1971. Vol. 54 (1). P. 199—314.
38. Herbst D. B., Michael B., Lusardi R. A. Low specific conductivity limits growth and survival of the New Zealand mud snail from the Upper Owens River, California // *Western North American Naturalist*. 2008. Vol. 68. P. 324—333. DOI: 10.3398/1527-0904(2008)68[324:LSCLGA]2.0.CO;2.
39. Hubendick B. Aspects on the diversity of the fresh-water fauna // *Oikos*. 1962. Vol. 13. P. 249—261. DOI: 10.2307/3565088.
40. Huebner J. D. The effect of body size and temperature on the respiration of *Polinices duplicatus* // *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology*. 1973. Vol. 44, N 4. P. 1185—1197. DOI: 10.1016/0300-9629(73)90258-2.
41. Humphries P., Baldwin S. Drought and aquatic ecosystems: An introduction // *Freshwater Biology*. 2003. Vol. 48, N 7. P. 1141—1146. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2003.01092.x.
42. Jobin W., Ippen A. Ecological design of irrigation canals for snail control // *Science*. 1964. Vol. 145, N 3638. P. 1324—1326. DOI: 10.1126/science.145.3638.1324.
43. Kiviat E. Ecosystem services of Phragmites in North America with emphasis on habitat functions // *AoB Plants*. 2013. Vol. 5. P. 1—29. DOI: 10.1093/aobpla/plt008.
44. Legendre P., Legendre L. *Numerical Ecology*. Amsterdam : Elsevier Sci. BV, 2012. 1006 p.
45. Lewin I. Mollusc communities of lowland rivers and oxbow lakes in agricultural areas with anthropogenically elevated nutrient concentration // *Folia Malacologica*. 2014. Vol. 22, N 2. P. 87—159. DOI: 10.12657/folmal.022.012.
46. Lodge D. M., Brown K. M., Klosiewski S. P., Stein R. A., Corich A. P., Leathers B. K., Bronmark C. Distribution of freshwater snails: spatial scale and the relative importance of physicochemical and biotic factors // *American Malacological Bulletin*. 1987. Vol. 5. P. 73—84.
47. Lytle D. A., Poff N. L. Adaptation to natural flow regime // *Trends in Ecology and Evolution*. 2004. Vol. 19. P. 1186—1198. DOI: 10.1016/j.tree.2003.10.002.
48. Masin C. F. Respiration rates and population metabolism of woodland snails // *Oecologia*. 1971. Vol. 7. P. 80—94. DOI: 10.1007/BF00346295.
49. Mažuran N., Hršak V., Tomić M., Papeš D. Effects of CaCl₂ and CaBr₂ on the fecundity of *Planorbarius corneus* L. // *Chemosphere*. 1999. Vol. 38, N 10. P. 2345—2355.
50. Meyer W., Turner B. Human population growth and global land-use/cover change // *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1992. Vol. 23, N 1. P. 39—61.
51. Moore I. J. Effects of water currents on fresh-water snails *Stagnicola palustris* and *Physa propinqua* // *Ecology*. 1964. Vol. 45, N 3. P. 558—564. DOI: 10.2307/1936108.
52. Mouthon J. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: studies into the limiting values of 11 physicochemical variables // *Hydrobiologia*. 1996. Vol. 319. P. 57—63. DOI: 10.1007/BF00020971.
53. Packer J. G., Meyerson L. A., Skálová H., Pyšek P., Kueffer C. Biological flora of the British isles: Phragmites australis // *Journal of Ecology*. 2017. Vol. 105, N 4. P. 1123—1162. DOI: 10.1111/1365-2745.12797.
54. Parr L. B., Mason C. F. Long-term trends in water quality and their impact on macroinvertebrate assemblages in eutrophic lowland rivers // *Water Research*. 2003. Vol. 37. P. 2969—2979.
55. Probst M., Berenzen N., Lentzen-Godding A., Schulz R., Liess M. Linking land use variables and invertebrate taxon richness in small and medium-sized agricultural streams on a landscape level // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2005. Vol. 60. P. 140—146. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2004.04.003.
56. Pip E., Stewart J. M. The dynamics of two aquatic plant-snail associations // *Canadian Journal of Zoology*. 1976. Vol. 54. P. 1192—1205. DOI: 10.1139/z76-136.
57. Pip E. A survey of the ecology and composition of submerged aquatic snail-plant communities // *Canadian Journal of Zoology*. 1978. Vol. 56. P. 2263—2279.
58. Russel Hunter W. Annual variations in growth and density in natural populations of freshwater snails in the West of Scotland // *Proceedings of the Zoological Society of London*. 1961. Vol. 136, N 2. P. 219—253. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1961.tb06175.x.

59. Sahin S. K., Yildirim M. Z. The Mollusk Fauna of Lake Sapanca (Turkey: Marmara) and Some Physico-Chemical Parameters of Their Abundance // *Turkish Journal of Zoology*. 2007. Vol. 31. P. 47—52.
60. Sidorov V. A. Effect of acute temperature change on lung respiration of the mollusc *Lymnaea stagnalis* // *Journal of Thermal Biology*. 2005. Vol. 30. P. 163—171. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2004.10.002.
61. Tolonen K. T., Hämäläinen H., Holopainen I. J., Mikkonen K., Karjalainen J. Body size and substrate association of littoral insects in relation to vegetation structure // *Hydrobiologia*. 2003. Vol. 499. P. 179—190. DOI: 10.1023/A:1026325432000.
62. Turner A. M., Chislock M. F. Dragonfly predators influence biomass and density of pond snail // *Oecologia*. 2007. Vol. 153. P. 407—415. DOI: 10.1007/s00442-007-0736-9.
63. 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.
64. Virbickas T., Pliūraitė V., Kesminas V. Impact of agricultural land use on macroinvertebrate fauna in Lithuania // *Polish Journal of Environmental Studies*. 2011. Vol. 20. P. 1327—1334.
65. Warfe D. M., Barmuta L. A. Habitat structural complexity mediates food web dynamics in a freshwater macrophyte community // *Oecologia*. 2006. Vol. 150. P. 141—154. DOI: 10.1007/s00442-006-0505-1.
66. Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Foxa G., Nicolet P., Sear D. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England // *Biological Conservation*. 2003. Vol. 115. P. 329—341. DOI: 10.1016/S0006-3207(03)00153-8.
67. Young J. O. A laboratory study, using ⁴⁵Ca tracer, on the source of calcium during growth in two freshwater species of gastropoda // *Journal of Molluscan Studies*. 1975. Vol. 41. P. 439—445.
68. Zbikowska E. The effect of digenea larvae on calcium content in the shells of *Lymnaea stagnalis* (L.) individuals // *Journal of Parasitology*. 2003. Vol. 89. P. 76—79. DOI: 10.1645/0022-3395(2003)089[0076:TEOD-LO]2.0.CO;2.
69. Zuykov M., Vinarski M., Pelletier E., Demers S., Harper D. Shell malformations in seven species of pond snail (Gastropoda, Lymnaeidae): analysis of large museum collections // *Zoosystematics and Evolution*. 2012. Vol. 88, N 2. P. 365—368. DOI: 10.1002/zoos.201200025.

Поступила в редакцию 03.06.2020

Михайлов Роман Анатольевич, кандидат биологических наук
Институт экологии Волжского бассейна РАН — филиал Самарского федерального
исследовательского центра РАН
Российская Федерация, 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10
E-mail: roman_mihaylov_1987@mail.ru

UDC 574.587:594.32

R. A. Mikhailov

Distribution of the pulmonata mollusc *Lymnaea (Lymnaea) stagnalis* (Mollusca: Gastropoda) in the Samara River (The Saratov Reservoir basin)

The results of the study of *L. (L.) stagnalis* in the Samara River made it possible to establish the typical distribution of the species in different parts of the watercourse. The highest occurrence was recorded in the lower reaches of the river, which is due to the low speed of the current and the presence of thickets of higher aquatic vegetation. The mollusk prefers to settle in biotopes in thickets of *Typha angustifolia* L. and *Potamogeton perfoliatus* L. The maximum abundance was recorded in a small reservoir of the regulated section of the river, and the highest biomass values were noted in the backwater zone of the Saratov reservoir. The most significant environmental factors affecting the quantitative indicators of the mollusk in the Samara River are the water temperature, the area of overgrowth with macrophytes and the speed of the current.

Key words: species distribution, Gastropoda, *Lymnaea stagnalis*, river, abiotic and biotic factors.

Mikhailov Roman Anatolievich, Candidate of Biological Sciences
Researcher 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
Russian Federation, 445003, Togliatti, ul. Komzina, 10
E-mail: roman_mihaylov_1987@mail.ru

References

1. Alimov A. F. *Funktsional'naya ekologiya presnovodnykh dvustvorchatykh mollyuskov* [Functional ecology of freshwater bivalve molluscs]. Leningrad, Nauka Publ., 1981. 248 p. (In Russian)
2. Antonov P. I. Bioinvaziinnye organizmy v vodoemakh Srednei Volgi [Bioinvasive organisms in reservoirs of the Middle Volga]. Samarskaya Luka, 2008, vol. 17, no. 3 (25), pp. 500—517. (In Russian)
3. Berezkina G. V., Starobogatov Ya. I. *Ekologiya razmnzheniya i kladki yaits presnovodnykh legochnykh mollyuskov* [Ecology of reproduction and egg laying of freshwater lung molluscs]. Leningrad, Zool. in-t Publ., 1988. 307 p. (Tr. Zool. in-ta, AN SSSR. Vol. 174). (In Russian)
4. Golovatyuk L. V., Shitikov V. K., Zinchenko T. D. Otsenka zonal'nogo raspredeleniya vidov donnykh soobshchestv ravninnykh rek basseina Srednei i Nizhnei Volgi [Estimation of the zonal distribution of species of the bottom communities in rivers of the Middle and Lower Volga basin]. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal — Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2017, no. 4, pp. 335—345. DOI: 10.18500/1684-7318-2017-4-335-345. (In Russian)
5. *Golubaya kniga Samarskoi oblasti: Redkie i okhranyaemye gidrobiotsenozy* [The Blue Book of the Samara region: rare and protected hydrobiocenoses]. Samara, SamNTs RAN Publ., 2007. 200 p. (In Russian)
6. Zhadin V. I. *Mollyuski presnykh i solonovatykh vod SSSR* [Molluscs of fresh and brackish waters of the USSR]. Moscow, Leningrad, AN SSSR Publ., 1952. 376 p. (In Russian)
7. Zinchenko T. D. *Khironomidy poverkhnostnykh vod basseina Srednei i Nizhnei Volgi (Samarskaya oblast'): Ekologo-faunisticheskii obzor* [Chironomids of surface waters of the middle and Lower Volga basin (Samara region): ecological and faunistic review]. Tolyatti, IEVB RAN Publ., 2002. 174 p. (In Russian)
8. Zinchenko T. D. *Ekologo-faunisticheskaya kharakteristika khironomid (Diptera, Chironomidae) malykh rek basseina Srednei i Nizhnei Volgi (Atlas)* [Ecological and faunal characteristics of chironomids (Diptera, Chironomidae) of small rivers of the Middle and Lower Volga basin (Atlas)]. Tolyatti, Kassandra Publ., 2011. 258 p. (In Russian)
9. Zinchenko T. D., Promakhova E. V., Golovatyuk L. V., Abrosimova E. V., Popchenko T. V., Shitikov V. K. *Ekologicheskaya kharakteristika loticheskoi sistemy na primere malykh rek Volzhskogo basseina: metodologicheskie podkhody issledovaniy* [Environmental characteristics of the lotic system on the example of small rivers of the Volga river basin: methodological approaches]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2018, vol. 20, no. 5 (2), pp. 167—179. (In Russian)
10. Kiyashko P. V., Soldatenko E. V., Vinarskii M. V. *Klass Bryukhonogie mollyuski [Class Gastropods]. Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 2. Zoobentos* [Key to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos]. Moscow, St. Petersburg, T-vo nauch. izdaniy KMK Publ., 2016, pp. 335—438. (In Russian)
11. Kruglov N. D. *Mollyuski semeistva prudovikov (Lymnaeidae, Gastropoda, Pulmonata) Evropy i Severnoi Azii* [Molluscs of the pond snail family (Lymnaeidae, Gastropoda, Pulmonata) of Europe and North Asia]. Smolensk, SGPU Publ., 2005. 507 p. (In Russian)
12. Krylov A. V. *Zooplankton ravninnykh malykh rek* [Zooplankton of lowland small rivers]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 263 p. (In Russian)
13. Matveev V. I., Solov'eva V. V., Saksonov S. V. *Ekologiya vodnykh rastenii. 2-e izd., ispr. i dop.* [Ecology of aquatic plants. 2nd ed., rev. and add.]. Samara, Samarskii NTs RAN Publ., 2005. 282 p. (In Russian)
14. Mikhailov V. N. *Gidrologicheskie protsessy v ust'yakh rek* [Hydrological processes at river mouths]. Moscow, GEOS Publ., 1997. 176 p. (In Russian)
15. Mikhailov R. A. Vidovoi sostav presnovodnykh mollyuskov vodoemov Srednego i Nizhnego Povolzh'ya [Species composition of freshwater molluscs of the Middle and Lower Volga reservoirs]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 5 (5), pp. 1765—1772. (In Russian)
16. Mikhailov R. A. *Ekologo-faunisticheskii analiz struktury soobshchestva mollyuskov reki Samara* [Ecological and faunistic analysis of the molluscs community structure of the Samara river]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2015, no. 1, pp. 82—90. (In Russian)
17. Mikhailov R. A. *Malakofauna raznotipnykh vodoemov i vodotokov Samarskoi oblasti* [Malacofauna of different types of water bodies and watercourses of the Samara region]. Tolyatti, Kassandra Publ., 2017. 103 p. (In Russian)
18. *Nauchno-prikladnoi spravochnik: Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki rek basseina Nizhnei Volgi* [Scientific and Applied Handbook: Basic hydrological characteristics of rivers in the Lower Volga basin]. Livny, 2015. 129 p. (In Russian)

19. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992. 318 p. (In Russian)
20. Starobogatov Ya. I. Biologicheskoe raznoobrazie mollyuskov kontinental'nykh vodoemov i sostoyanie ego izuchennosti v Rossiiskoi Federatsii i sosednikh gosudarstvakh [Biological diversity of molluscs of continental water bodies and the state of its knowledge in the Russian Federation and neighbouring states]. *Bioraznoobrazie: Stepen' taksonomicheskoi izuchennosti* [Biodiversity: Degree of taxonomic knowledge]. Moscow, Nauka Publ., 1994, pp. 60—64. (In Russian)
21. Starobogatov Ya. I., Prozorova L. A., Bogatov V. V., Saenko E. M. *Mollyuski. Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. T. 6* [Molluscs. Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands. Vol. 6]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2004. 528 p. (In Russian)
22. Khokhutkin I. M., Vinarskii M. V., Grebennikov M. E. *Mollyuski Urala i prilegayushchikh territorii. Semeistvo Prudovikovye Lymnaeidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Ch. 1* [Molluscs of the Urals and adjacent territories. Family Pond snails Lymnaeidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Part 1]. Yekaterinburg, Goshchitskii Publ., 2009. 162 p. (In Russian)
23. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoi identifikatsii* [Quantitative hydroecology: methods of systemic identification]. Tolyatti, IEVB RAN Publ., 2003. 463 p. (In Russian)
24. Akerland G. Oxygen consumption of the ampullariid snail *Marisa cormuarietis* L. in relation to body weight and temperature. *Oikos*, 1969, vol. 20, pp. 529—533. DOI: 10.1016/0300-9629(74)90479-4.
25. Allan J. D., Castillo M. M. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. 2nd ed. Dordrecht, Springer, 2007. 436 p.
26. Briers R. Range size and environmental calcium requirements of British freshwater gastropods. *Global Ecology and Biogeography*, 2003, vol. 12, no. 1, pp. 47—51. DOI: 10.1046/j.1466-822X.2003.00316.x.
27. Brix K., Esbaugh A., Grosell M. The toxicity and physiological effects of copper on the freshwater pulmonate snail, *Lymnaea stagnalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2011, pp. 261—267. DOI: 10.1016/j.cbpc.2011.06.004.
28. Berg K., Lumbye J., Ockelmann K. W. Seasonal and experimental variations of the oxygen consumption of the limpet *Ancylus fluviatilis* (O. F. Muller). *Journal of Experimental Biology*, 1957, vol. 35, pp. 43—73.
29. Brönmark C., Vermaat J. E. Complex fish-snail-epiphyton interactions and their effects on submerged freshwater macrophytes. *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. E. Jeppesen, M. Söndergaard, M. Söndergaard, & K. Christoffersen (eds.). New York, Springer Verlag, 1998, pp. 47—68.
30. Brown K. M. Temporal and spatial patterns of abundance in the gastropod assemblage of a macrophyte bed. *American Malacological Bulletin*, 1997, vol. 14, pp. 27—33.
31. Calow P. Gastropod associations within Malham Tam, Yorkshire. *Freshwater Biology*, 1973, vol. 3, pp. 521—534. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1973.tb00074.x.
32. Cañedo-Argüelles M., Rieradevall M. Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: Response to changes in the habitat condition. *Limnologia*, 2011, vol. 41, pp. 363—370. DOI: 10.1016/j.limno.2011.04.001.
33. Camargo J. A., Alonso A. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*, 2006, vol. 32, pp. 831—849. DOI: 10.1016/j.envint.2006.05.002.
34. Cardona L. Trophic cascades uncoupled in a coastal marsh ecosystem. *Biological Invasions*, 2006, vol. 8, pp. 835—842. DOI: 10.1007/s10530-005-0420-0.
35. Diehl S., Kornijów R. The influence of submerged macrophytes on trophic interactions among fish and macroinvertebrates. *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. E. Jeppesen, M. Söndergaard, M. Söndergaard, & K. Christoffersen (eds.). New York, Springer Verlag, 1998, pp. 24—46.
36. Gallardo B., Garcia M., Cabezas A., Gonzalez E., Gonzalez M., Ciancarelli C., Comin F. A. Macroinvertebrate patterns along environmental gradients and hydrological connectivity within a regulated river-floodplain. *Aquatic Sciences*, 2008, vol. 70, pp. 248—258.
37. Greenway P. Calcium regulation in the freshwater mollusc, *Limnaea stagnalis* (L.) (Gastropoda: Pulmonata). I. The effect of internal and external calcium concentration. *Journal of Experimental Biology*, 1971, vol. 54 (1), pp. 199—314.
38. Herbst D. B., Michael B., Lusardi R. A. Low specific conductivity limits growth and survival of the New Zealand mud snail from the Upper Owens River, California. *Western North American Naturalist*, 2008, vol. 68, pp. 324—333. DOI: 10.3398/1527-0904(2008)68[324:LSCLGA]2.0.CO;2.
39. Hubendick B. Aspects on the diversity of the fresh-water fauna. *Oikos*, 1962, vol. 13, pp. 249—261. DOI: 10.2307/3565088.

40. Huebner J. D. The effect of body size and temperature on the respiration of *Polinices duplicatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology*, 1973, vol. 44, no. 4, pp. 1185—1197. DOI: 10.1016/0300-9629(73)90258-2.
41. Humphries P., Baldwin S. Drought and aquatic ecosystems: An introduction. *Freshwater Biology*, 2003, vol. 48, no. 7, pp. 1141—1146. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2003.01092.x.
42. Jobin W., Ippen A. Ecological design of irrigation canals for snail control. *Science*, 1964, vol. 145, no. 3638, pp. 1324—1326. DOI: 10.1126/science.145.3638.1324.
43. Kiviat E. Ecosystem services of Phragmites in North America with emphasis on habitat functions. *AoB Plants*, 2013, vol. 5, pp. 1—29. DOI: 10.1093/aobpla/plt008.
44. Legendre P., Legendre L. *Numerical Ecology*. Amsterdam, Elsevier Sci. BV, 2012. 1006 p.
45. Lewin I. Mollusc communities of lowland rivers and oxbow lakes in agricultural areas with anthropogenically elevated nutrient concentration. *Folia Malacologica*, 2014, vol. 22, no. 2, pp. 87—159. DOI: 10.12657/folmal.022.012.
46. Lodge D. M., Brown K. M., Klosiewski S. P., Stein R. A., Corich A. P., Leathers B. K., Bronmark C. Distribution of freshwater snails: spatial scale and the relative importance of physicochemical and biotic factors. *American Malacological Bulletin*, 1987, vol. 5, pp. 73—84.
47. Lytle D. A., Poff N. L. Adaptation to natural flow regime. *Trends in Ecology and Evolution*, 2004, vol. 19, pp. 1186—1198. DOI: 10.1016/j.tree.2003.10.002.
48. Masin C. F. Respiration rates and population metabolism of woodland snails. *Oecologia*, 1971, vol. 7, pp. 80—94. DOI: 10.1007/BF00346295.
49. Mažuran N., Hršak V., Tomić M., Papeš D. Effects of CaCl₂ and CaBr₂ on the fecundity of *Planorbium corneum* L. *Chemosphere*, 1999, vol. 38, no. 10, pp. 2345—2355.
50. Meyer W., Turner B. Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1992, vol. 23, no. 1, pp. 39—61.
51. Moore I. J. Effects of water currents on fresh-water snails *Stagnicola palustris* and *Physa propinqua*. *Ecology*, 1964, vol. 45, no. 3, pp. 558—564. DOI: 10.2307/1936108.
52. Mouthon J. Molluscs and biodegradable pollution in rivers: studies into the limiting values of 11 physicochemical variables. *Hydrobiologia*, 1996, vol. 319, pp. 57—63. DOI: 10.1007/BF00020971.
53. Packer J. G., Meyerson L. A., Skálová H., Pyšek P., Kueffer C. Biological flora of the British isles: *Phragmites australis*. *Journal of Ecology*, 2017, vol. 105, no. 4, pp. 1123—1162. DOI: 10.1111/1365-2745.12797.
54. Parr L. B., Mason C. F. Long-term trends in water quality and their impact on macroinvertebrate assemblages in eutrophic lowland rivers. *Water Research*, 2003, vol. 37, pp. 2969—2979.
55. Probst M., Berenzen N., Lentzen-Godding A., Schulz R., Liess M. Linking land use variables and invertebrate taxon richness in small and medium-sized agricultural streams on a landscape level. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2005, vol. 60, pp. 140—146. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2004.04.003.
56. Pip E., Stewart J. M. The dynamics of two aquatic plant-snail associations. *Canadian Journal of Zoology*, 1976, vol. 54, pp. 1192—1205. DOI: 10.1139/z76-136.
57. Pip E. A survey of the ecology and composition of submerged aquatic snail-plant communities. *Canadian Journal of Zoology*, 1978, vol. 56, pp. 2263—2279.
58. Russel Hunter W. Annual variations in growth and density in natural populations of freshwater snails in the West of Scotland. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1961, vol. 136, no. 2, pp. 219—253. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1961.tb06175.x.
59. Sahin S. K., Yildirim M. Z. The Mollusk Fauna of Lake Sapanca (Turkey: Marmara) and Some Physico-Chemical Parameters of Their Abundance. *Turkish Journal of Zoology*, 2007, vol. 31, pp. 47—52.
60. Sidorov V. A. Effect of acute temperature change on lung respiration of the mollusc *Lymnaea stagnalis*. *Journal of Thermal Biology*, 2005, vol. 30, pp. 163—171. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2004.10.002.
61. Tolonen K. T., Hämäläinen H., Holopainen I. J., Mikkonen K., Karjalainen J. Body size and substrate association of littoral insects in relation to vegetation structure. *Hydrobiologia*, 2003, vol. 499, pp. 179—190. DOI: 10.1023/A:1026325432000.
62. Turner A. M., Chislock M. F. Dragonfly predators influence biomass and density of pond snail. *Oecologia*, 2007, vol. 153, pp. 407—415. DOI: 10.1007/s00442-007-0736-9.
63. 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.
64. Virbickas T., Pliūraitė V., Kesminas V. Impact of agricultural land use on macroinvertebrate fauna in Lithuania. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2011, vol. 20, pp. 1327—1334.
65. Warfe D. M., Barmuta L. A. Habitat structural complexity mediates food web dynamics in a freshwater macrophyte community. *Oecologia*, 2006, vol. 150, pp. 141—154. DOI: 10.1007/s00442-006-0505-1.

66. Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Foxa G., Nicolet P., Sear D. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation*, 2003, vol. 115, pp. 329—341. DOI: 10.1016/S0006-3207(03)00153-8.

67. Young J. O. A laboratory study, using ^{45}Ca tracer, on the source of calcium during growth in two freshwater species of gastropoda. *Journal of Molluscan Studies*, 1975, vol. 41, pp. 439—445.

68. Zbikowska E. The effect of digenea larvae on calcium content in the shells of *Lymnaea stagnalis* (L.) individuals. *Journal of Parasitology*, 2003, vol. 89, pp. 76—79. DOI: 10.1645/0022-3395(2003)089[0076:TEOD LO]2.0.CO;2.

69. Zuykov M., Vinarski M., Pelletier E., Demers S., Harper D. Shell malformations in seven species of pond snail (Gastropoda, Lymnaeidae): analysis of large museum collections. *Zoosystematics and Evolution*, 2012, vol. 88, no. 2, pp. 365—368. DOI: 10.1002/zoos.201200025.