

ПОРОГОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КАТИОНОВ В ВОДЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ГРАНИЦЫ АРЕАЛА ВСЕЛИВШЕГОСЯ В РЫБИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ БРЮХОНОГОГО МОЛЛЮСКА *LITHOGLYPHUS NATICOIDES* (GASTROPODA)

© 2012 Мартемьянов В.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН,
п. Борок, Ярославская область, Россия; martem@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила в редакцию 5.03.2012 г.

Пороговые концентрации натрия, калия, кальция, магния в воде, необходимые для поддержания ионного баланса между организмом *Lithoglyphus naticoides* и пресной водой, составляют 0.0024–0.0047, 0.0014–0.0025, 0.025–0.038, 0.0023–0.0032 ммоль/л, соответственно. При таком содержании ионов в воде моллюски находятся в неподвижном состоянии. Проявление двигательной активности животных наблюдается при достижении концентрации натрия, калия, кальция, магния в воде 0.013–0.015, 0.0037–0.0043, 0.13–0.15, 0.027–0.029 ммоль/л, соответственно. Показано, что по содержанию ионов в воде для *L. naticoides* нет ограничений для расселения в различные водоемы Земли. Полученные результаты согласуются с высказываемой в литературе точкой зрения о палеарктическом происхождении *L. naticoides*.

Ключевые слова: *Lithoglyphus naticoides*, натрий, калий, кальций, магний.

Введение

Исходный ареал брюхоногого моллюска *Lithoglyphus naticoides* Pfeiffer, 1828 расположен в бассейне Черного и Азовского морей. Этот вид обладает высокой способностью к экспансии в различные пресноводные системы. Процесс вселения в новые местообитания ускорился с созданием каналов и развитием судоходства [Grigorovich et al., 2002; Mastitsky, Samoilenko, 2006]. В настоящее время данный моллюск обнаружен в водоемах Белоруссии [Mastitsky, Samoilenko, 2006; Karatayev et al., 2008], Украины [Alexandrov et al., 2007], Прибалтики [Гасинас, 1968; Arbauiauskas et al., 2008], Польши [Jazdzewski, Конорацка, 2002], Германии [Bernauer, Jansen, 2006; Gollasch, Nering, 2006], Франции [Devin et al., 2005; Mouthon, 2007].

В 1971 г. *L. naticoides* был обнаружен в дельте Волги [Пирогов, 1972]. В дальнейшем моллюск стал осуществлять экспансию вверх по реке, заселив каскад волжских водохранилищ [Белявская, Вьюшкова, 1971; Пирогов и др., 1990; Зинченко и др., 2008; Яковлев и др., 2009]. В 2005 г. единичные экземпляры литоглифы были обнаружены в Рыбинском водохранилище [Тютин, Слынько, 2008]. В настоящее время устойчивая локально-очаговая популяция *L. naticoides* наблюдается в районе створ г. Рыбинска [Тютин, личное сообщение].

Брюхоногий моллюск *Lithoglyphus naticoides* является промежуточным хозяином ряда видоспецифичных с ним трематод. Заселение литоглифой водоемов сопровождается заражением новыми паразитами аборигенных видов

рыб [Тютин, Слынько, 2008]. Вселение моллюска в новые местообитания может наносить определенный ущерб местным видам рыб. Чтобы осуществить прогноз о дальнейшем расселении этого вида, необходимы сведения о предельных возможностях моллюска адаптироваться к основным факторам среды.

Минеральный состав воды является важнейшим экологическим фактором, который существенно влияет на ареал, устойчивость, развитие, рост и многие физиологические процессы гидробионтов. Ионы натрия, калия, кальция, магния наряду с другими неорганическими элементами необходимы для осуществления жизнедеятельности организма животных и растений. Обмен этих веществ между организмом водных животных и средой осуществляется через жабры. Они имеют обширную поверхность, позволяя растворенному в воде кислороду легко проникать в кровь. Однако такая структура жабр имеет негативные последствия для водно-солевого обмена. Начиная с работ Крога [Krogh, 1939], а затем последующими исследователями [Гинецинский, 1964; Potts, Рагу, 1964; Проссер, 1977; Наточин, Лаврова, 1984; Виноградов, 2000; и мн. др.] установлено, что содержание различных ионов во внутренней среде пресноводных гидробионтов существенно выше, чем в пресной воде. В силу этого обстоятельства между организмом и внешней средой создаются ионные градиенты, обуславливающие с определенной скоростью диффузию электролитов из внутренней среды через поверхность жабр в пресную воду. Несмотря на то, что почки и их аналоги осуществляют у пресноводных животных удержание электролитов внутренней среды, тем не менее, небольшая часть ионов теряется из организма с мочой. Негативным процессам противостоят структуры (ионные насосы), расположенные главным образом в жабрах, которые

осуществляют активный транспорт ионов из внешней среды в гемолимфу и выводят продукты жизнедеятельности, поддерживая осмотический, ионный и кислотно-щелочной баланс организма.

При снижении уровня того или иного электролита в воде до определенных минимальных значений, способность к поддержанию ионного гомеостаза нарушается. Вследствие этого границы ареала вида в низко минерализованных водоемах определяются пороговыми концентрациями различных ионов в воде, при которых возможно поддержание ионного баланса между организмом и средой. На основе данных по пороговым концентрациям для вселившегося в Рыбинское водохранилище двусторчатого моллюска *Dreissena polymorpha* было показано, что расселение этого вида лимитируется содержанием ионов кальция в воде [Виноградов, Биочино, 2005; Мартемьянов, 2011].

Цель настоящего исследования – определить пороговые концентрации ионов натрия, калия, кальция, магния в пресной воде, необходимые для поддержания ионного баланса между организмом и средой у вселившегося в Рыбинское водохранилище брюхоного моллюска *Lithoglyphus naticoides*. На основе полученных данных сделать прогноз о его возможностях в дальнейшем расширении ареала.

Материал и методика

Моллюсков *Lithoglyphus naticoides* собрали в конце июля 2011 г. в районе створ г. Рыбинска, доставили в лабораторию и содержали в течение недели в пресной воде при комнатной температуре 18–19°C. Затем 3 августа индивидуальных моллюсков промыли в дистиллированной воде и поместили по одной особи в 10 пластиковых емкостей, наполненных дистиллированной водой в объеме 90 мл. До начала эксперимента дистиллированная вода аэрировалась в течение 2-х суток воздухом для нейтрализации кислой реакции среды. Сразу после посадки

животных, через 5 часов, а затем с суточным интервалом в течение 14 дней из емкостей отбирали пробы воды для анализа в ней содержания катионов. Используемые моллюски имели массу от 65 до 110 мг. Одна более крупная особь весила 196 мг. Натрий и калий измеряли, используя пропан, на спектрофотометре Flapho-4, кальций (эмиссионный режим) и магний (абсорбционный режим) в воздушно-ацетиленовом пламени на атомно-абсорбционном фотометре AAS-1 фирмы CarlZeiss, Jena, Германия. Результаты представлены средними и их ошибками.

Результаты и обсуждение

После помещения моллюсков в дистиллированную воду, в течение первых 1–2 суток наблюдалось постепенное повышение с определенными скоростями концентрации различных ионов в воде, свидетельствующее об их утечке из организма (рис.). Потеря ионов из организма моллюсков происходила со скоростью 0.014 ± 0.0003 , 0.005 ± 0.0008 , 0.04 ± 0.007 , 0.008 ± 0.0009 ммоль/100 г сырой массы за 1 час соответственно для натрия, калия, кальция и магния. В сходных экспериментах [Martemyanov, Mavrin, 2012] на плотве *Rutilus rutilus* скорость потерь разных ионов составила 0.07 ± 0.02 , 0.01 ± 0.002 , 0.02 ± 0.01 и 0.003 ± 0.001 ммоль/100 г сырой массы за 1 час соответственно для натрия, калия, кальция и магния. Видно, что по сравнению с плотвой, скорость потерь одновалентных ионов у моллюсков ниже (для натрия в 5 раз, калия в 2 раза), а двухвалентных, наоборот, выше (кальция в 2 раза, магния в 2.7 раза). Потери ионов из организма гидробионты компенсируют за счет их транспорта из внешней среды, затрачивая энергию. Следовательно, для поддержания ионного гомеостаза моллюску требуется меньше энергии на компенсацию потерь одновалентных ионов и больше – двухвалентных по сравнению с плотвой.

В последующем, содержание катионов в дистиллированной воде устанавливалось на определенных уровнях, которые удерживались в ходе эксперимента в узкой зоне концентраций (на рис. ограничены сплошными линиями параллельными относительно оси абсцисс). Стабильное состояние содержания катионов в воде во времени указывает на ионный баланс (равенство между потерями и активным транспортом) между организмом улиток и средой. Динамика содержания ионов в экспериментальной воде была сходной у разных моллюсков, независимо от их массы. Однако у самой большой особи, вероятно старшей по отношению к другим, наблюдались определенные различия. Результаты для большого экземпляра представлены на рисунке отдельно (светлые квадратные маркеры).

Моллюск *Lithoglyphus naticoides* имеет передние жабры, которые являются основными органами, участвующими в процессах дыхания и ионной регуляции. Эффективность структур и систем ионной регуляции жабр оценивается величиной пороговых концентраций. Чем ниже пороговые концентрации, тем выше способность организма поддерживать ионный гомеостаз. Полученные данные показывают, что пороговые концентрации для литоглифы составляют очень низкие значения, указывающие на высокую способность этого вида извлекать различные ионы из воды (табл. 1).

По убыванию эффективности ионной регуляции (возрастанию пороговых концентраций) изученные виды (табл. 1) располагаются в следующей последовательности. По отношению к ионам натрия: *Lithoglyphus naticoides* → *Spirogyra* → *Perca fluviatilis* → *Astacus astacus* → *Rutilus rutilus* → *Carassius auratus* → *Dreissena polymorpha* → *Sphaerium sueticum*. Видно, что *L. naticoides* и *Spirogyra* способны извлекать ионы натрия при более низких его концентрациях в воде по сравнению

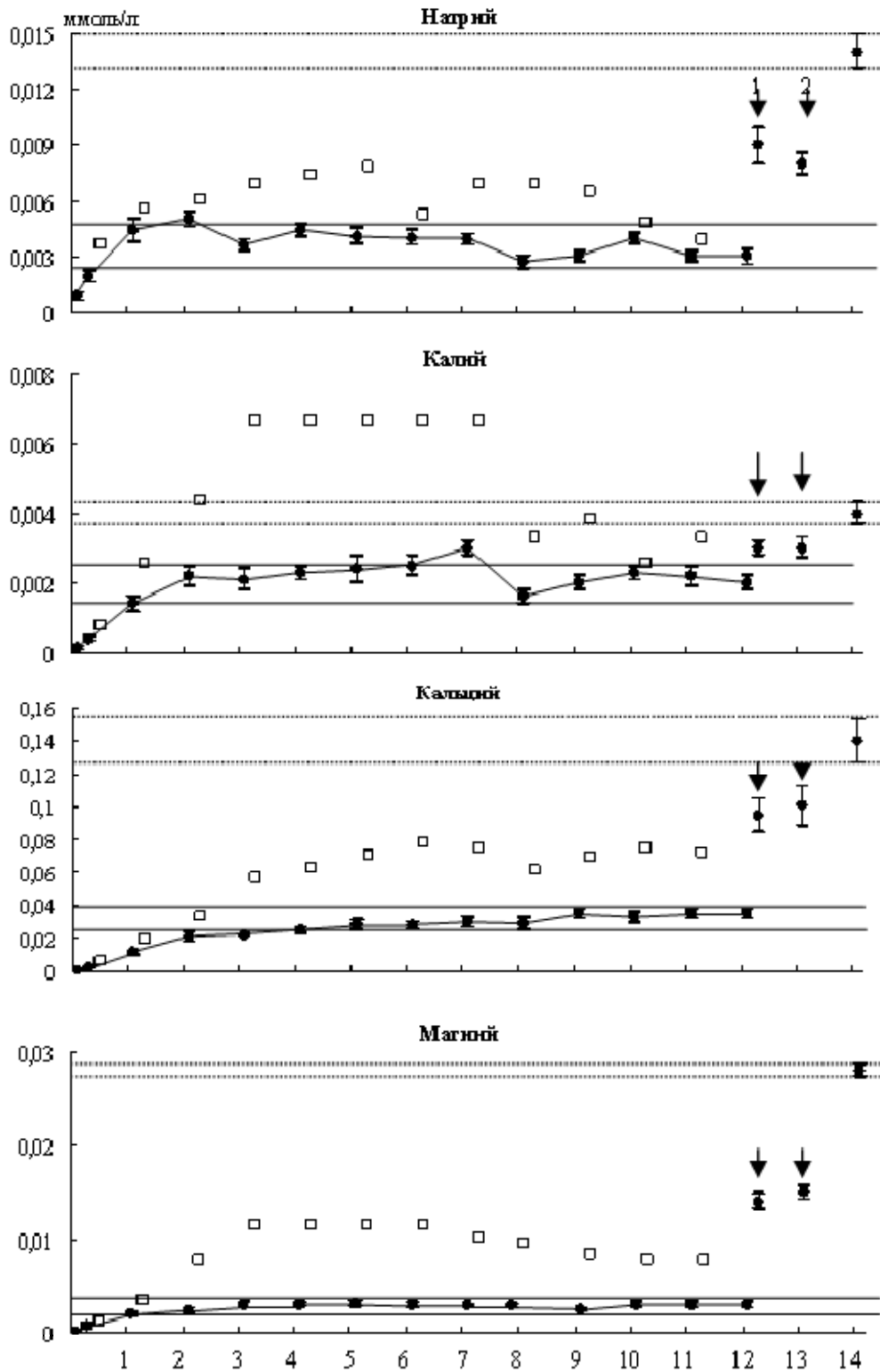


Рис. Динамика содержания катионов в дистиллированной воде после посадки моллюсков в экспериментальные емкости.

По оси абсцисс: время, сутки; ординат – содержание ионов в экспериментальной воде. Сплошные линии, параллельные относительно оси абсцисс, ограничивают пороговые концентрации ионов во внешней среде; пунктирные линии – диапазоны концентраций, необходимые для осуществления активности.

Таблица 1. Пороговые концентрации катионов в среде для различных видов гидробионтов

Вид	Пороговые концентрации катионов в среде, ммоль/л				Ссылка
	Натрий	Калий	Кальций	Магний	
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	0.0024–0.0047	0.0014–0.0025	0.025–0.038	0.0023–0.0032	Рисунок Мартемьянов, 2011 Виноградов и др., 1987 Мартемьянов, Маврин, 2010 Martemyanov, Mavrin, 2012 Мартемьянов, Маврин, 2011 Виноградов, Комов, 1988 Мартемьянов, Маврин, 2012
<i>Dreissena polymorpha</i>	0.07	0.0015	0.30	0.01	
<i>Sphaerium sueticum</i>	0.10	0.0049	0.05	–	
<i>Astacus astacus</i>	0.0087–0.0174	0.0046–0.0087	0.0105–0.0222	0.0012–0.0033	
<i>Rutilus rutilus</i>	0.015–0.019	0.012–0.015	0.006–0.009	0.002–0.003	
<i>Perca fluviatilis</i>	0.0045–0.0051	0.0099–0.0112	0.0005–0.0007	0.0004–0.0005	
<i>Carassius auratus</i>	0.02–0.03	0.008–0.015	0.05–0.06	0.05	
<i>Spirogyra</i>	0.003–0.007	0.002–0.003	0.0017–0.0022	0.0012–0.0018	

с другими гидробионтами. Диапазоны пороговых концентраций ионов натрия в среде для моллюска и водоросли частично перекрываются между собой, указывая на близкую способность этих двух видов извлекать ионы из воды. Наиболее высокие пороговые концентрации ионов натрия в воде зарегистрированы для двух видов двустворчатых моллюсков *Dreissena polymorpha* и *Sphaerium sueticum*. Рыбы *Perca fluviatilis*, *Rutilus rutilus*, *Carassius auratus* и рак *Astacus astacus* занимают промежуточное положение по этому признаку.

Изученные виды по убыванию способности поглощать ионы калия из воды располагаются в следующей последовательности: *Lithoglyphus naticoides* → *Dreissena polymorpha* → *Spirogyra* → *Sphaerium sueticum* → *Astacus astacus* → *Carassius auratus* → *Perca fluviatilis* → *Rutilus rutilus*. Сравнение показывает, что по отношению к другим видам литоглифа обладает лучшей способностью извлекать из воды также ионы калия. Хуже всех эта способность выражена у рыб.

Пороговые концентрации ионов кальция в воде для изученных видов возрастают в следующей последовательности: *Perca fluviatilis* → *Spirogyra* → *Rutilus rutilus* → *Astacus astacus* → *Lithoglyphus naticoides* → *Sphaerium sueticum* → *Carassius auratus* → *Dreissena polymorpha*. Выявлено, что пороговая концентрация ионов кальция в среде для дрейссены существенно выше таковой по сравнению с другими видами. У другого двустворчатого моллюска шаровки, обитающей в оз. Кривое (Карелия), пороговая концентрация этого иона в 6 раз ниже такового, полученного для дрейссены. Эффективность поглощать ионы кальция из воды у *L. naticoides* в 10 раз выше, чем у дрейссены и в среднем в 2 раза – по сравнению с шаровкой.

Результаты свидетельствуют, что изученные виды имеют эффективные структуры, позволяющие извлекать ионы магния при низких его

концентрациях в воде. Пороговые концентрации для магния располагаются по возрастанию в следующем порядке: *Perca fluviatilis* → *Spirogyra* → *Astacus astacus* → *Rutilus rutilus* → *Lithoglyphus naticoides* → *Carassius auratus auratus* → *Dreissena polymorpha*. Сравнение показывает, что последовательность расположения видов по эффективности транспорта кальция и магния является сходной. Это указывает на то, что способность гидробионтов осуществлять транспорт из воды ионов кальция и магния связана между собой. Вид, обладающий лучшей способностью извлекать из воды ионы кальция, также лучше поглощает и ионы магния. Для одновалентных катионов такая связь наблюдается только у *L. naticoides*. Этот вид по отношению к другим гидробионтам обладает лучшей способностью извлекать из воды, как натрий, так и калий.

В ходе эксперимента моллюски находились в неподвижном состоянии. На 12 сутки эксперимента в каждую емкость было добавлено по 1 мл пресной воды. Сразу же взяли пробы воды на определение концентрации катионов. После добавки пресной воды концентрация ионов в экспериментальных емкостях возросла на определенную величину по отношению к пороговым значениям (на рис. отмечено стрелкой 1). В последующие сутки моллюски продолжали оставаться в неподвижном состоянии. В экспериментальные емкости вновь было добавлено по 1 мл пресной воды (на рис. отмечено стрелкой 2). На следующий день (14 сутки) моллюски проявили двигательную активность, перемещаясь в экспериментальных емкостях. Концентрации натрия, калия, кальция, магния в воде, необходимые для проявления двигательной активности улиток, составили 0.013–0.015, 0.0037–0.0043, 0.13–0.15, 0.027–0.029 ммоль/л, соответственно (на рис. отмечены пунктирными линиями).

Важно составить прогноз о путях и возможностях дальнейшего расселения

Lithoglyphus naticoides и связанных с моллюском трематод. В таблице 2 представлены данные по содержанию катионов в ряде пресноводных водоемов различных континентов и стран. Сопоставление результатов показывает, что содержание натрия, калия, кальция, магния в различных водоемах Земли выше по отношению к пороговым концентрациям этих катионов, полученных для *L. naticoides*. Это указывает на то, что по минеральному составу для данного вида нет ограничений для расселения по водоемам всей Земли. Если моллюск будет доставлен водным транспортом на какой-либо континент, где его еще нет, то он сможет освоить местные пресные водоемы, как это произошло с вселением дрейссены *Dreissena polymorpha* в Северную Америку. Сравнение данных по пороговым концентрациям *L. naticoides* и содержанию катионов в водоемах северо-западного региона России (табл. 2) также показывает, что моллюск Рыбинского водохранилища через Шекснинское водохранилище, Белое, Ладожское, Онежское озера и северодвинскую систему может освоить слабоминерализованные водоемы балтийского и беломорского бассейнов.

Происхождение *Lithoglyphus naticoides* до сих пор остается непонятным. Окаменелые раковины рода *Lithoglyphus* и близких к нему родов обнаружены в отложениях плиоцена разных географических областей Палеарктики [Старобогатов, 1970]. Полагают, что в период оледенений представители этих таксонов были оттеснены ледниками к низовьям рек понтийского бассейна. Потепление климата создало предпосылки для вторичного расселения моллюсков на север. Полученные нами данные согласуются с этой точкой зрения. Низкие пороговые концентрации катионов в воде для *L. naticoides* (табл. 1), указывают на то, что такая высокая способность поглощать ионы из воды могла сформироваться только

Таблица 2. Содержание катионов (ммоль/л) в различных пресных водоемах

Дата	Водоемы	Na	K	Ca	Mg	Ссылка
июль 1976	оз. Рајанпе, Финляндия	0.17	0.031	0.11	0.6	Oikari, 1978
–	оз. Имандра, Мурманская обл.	0.09–0.13	0.05–0.08	0.07–0.10	0.12–0.17	Зеленкова, 1984
–	оз. Кривое, Карелия	0.42	0.031	0.15	0.11	Виноградов и др., 1987
–	оз. Круглое, Карелия	0.13	0.018	0.04	0.07	Виноградов и др., 1987
22.06.2010	оз. Карельское, дачный пос. Порожек, Карелия	0.11	0.010	0.25	0.10	Martemyanov, Mavrin, 2012
22.06.2010	р. Чална, дачный пос. Порожек, Карелия	0.10	0.010	0.20	0.10	"
21.06.2010	оз. Урозеро, Дом отдыха, Карелия	0.10	0.010	0.10	0.07	"
21.06.2010	р. Шуя, г. Чална, Карелия	0.06	0.008	0.06	0.04	"
24.06.2010	оз. Онежское, Петрозаводск, Карелия	0.10	0.015	0.15	0.09	"
21.06.2010	оз. Пряжинское, г. Пряжа, Карелия	0.10	0.015	0.27	0.07	"
25.06.2010	оз. Лижменское, Карелия	0.10	0.01	0.04	0.03	"
25.06.2010	р. Тукша, мост автотрассы М18, Карелия	0.13	0.013	0.17	0.09	"
21.06.2010	р. Свирь, г. Лодейное Поле, Ленинградская обл.	0.10	0.013	0.17	0.09	"
21.06.2010	р. Оять, г. Доможирово, Ленинградская обл.	0.08	0.010	0.80	0.09	"
21.06.2010	р. Паша, г. Паша, Ленинградская обл.	0.08	0.013	0.25	0.09	"
21.06.2010	р. Сясь, г. Сясьстрой, Ленинградская обл.	0.21	0.049	0.52	0.18	"
26.06.2010	р. Волхов, г. Новая Ладога, Ленинградская обл.	0.30	0.061	0.77	0.19	"
26.06.2010	р. Заголоденка, пос. Красная Речка	0.09	0.010	0.57	0.20	"
20.06.2010	р. Соминка, пос. Сомино	0.10	0.015	0.70	0.20	"
20.06.2010	р. Песь, пос. Сазоново	0.11	0.013	0.95	0.20	"
20.06.2010	р. Молога, г. Устюжна, Вологодская обл.	0.16	0.026	1.50	0.38	"
26.06.2010	р. Белая, пос. Бели, Тверская обл.	0.18	0.026	1.85	0.45	"
20.06.2010	р. Сить, с. Черкасово, Ярославская обл.	0.19	0.033	1.47	0.39	"
7.07.1989	Рыбинское водохранилище, 6 станций	0.10–0.26	0.02–0.05	0.60–1.12	0.30–0.48	Мартемьянов, 1994
–	р. Волга, Астрахань	1.07	0.079	0.70	0.40	Нагочин, Лаврова, 1984
–	оз. Дальнее, Камчатка	0.19	0.008	–	0.04	"
–	р. Белая, Сахалин	0.14	0.008	0.17	0.07	"
–	р. Лена, Сибирь	0.07	0.01	0.36	0.14	Huh et al., 1998
11.10.2009	р. Гумара, Эфиопия	0.27	0.038	0.40	0.22	Martemyanov, Mavrin, 2012
17.10.2009	оз. Тана, Эфиопия	0.30	0.069	0.50	0.27	"

19.04.1969	оз. Науч, Эфиопия	3.3	0.3	0.5	2.8	Baxter, Golobitsh, 1970
17.05.1969	р. Ancherah, Эфиопия	1.2	0.07	0.55	1.65	Baxter, Golobitsh, 1970
10.08.2010	водохранилище Кам Лам, Вьетнам	0.35	0.068	0.095	0.031	Мартемьянов, Маврин, неопуб.
27.08.2010	"	0.33	0.064	0.070	0.060	"
8.09.2010	"	0.33	0.065	0.077	0.031	"
23.11.2010	"	0.30	0.056	0.062	0.069	"
10.08.2010	водохранилище Суои Зау, Вьетнам	0.25	0.059	0.102	0.026	"
8.09.2010	"	0.22	0.051	0.062	0.021	"
27.09.2010	"	0.23	0.047	0.047	0.036	"
24.11.2010	"	0.43	0.041	0.125	0.083	"
24.11.2010	водохранилище Да Бан, Вьетнам	0.17	0.035	0.040	0.015	"
13.08.2010	р. Каи, Вьетнам	0.14	0.026	0.040	0.022	"
25.11.2010	р. Каи, Вьетнам	0.27	0.041	0.070	0.021	"
13.08.2010	р. Зау, Вьетнам	0.45	0.046	0.092	0.093	"
25.11.2010	р. Зау, Вьетнам	0.34	0.055	0.077	0.077	"
13.08.2010	р. Кхе, Вьетнам	0.22	0.023	0.072	0.085	"
25.11.2010	р. Кхе, Вьетнам	0.23	0.024	0.062	0.096	"
7-27.01.1999	р. Wujiang, Guizhou, Китай	0.21	0.04	1.62	0.48	Guilin, Congqiang, 2001
3-11.11.2005	р. Ханьшуй (Han), Китай	0.102	0.018	0.884	0.393	Li et al., 2009
-	р. Янцзы (Yangze), Китай	0.222	0.036	0.973	0.292	Gaillardet et al., 1999
2004-2006	водохранилище Danjiangkou, Китай	0.02-0.27	0.01-0.07	0.74-1.35	0.22-0.70	Li, Zhang, 2010
1992	р. Alaknanda, Devprayag, Индия	0.10	0.073	0.505	0.204	Singh, Hasnain, 1998
-	р. Guala, Ranibagh, Индия	0.26	0.064	0.662	0.358	Bartarya, 1993
-	р. Ганг (Ganga), Rishikesh, Индия	0.14	0.040	0.397	0.237	Sarin et al., 1989
-	р. Ямуна (Yamuna), Yamunagar, Индия	0.20	0.045	0.590	0.329	Sarin et al., 1989
-	р. Маккензи (MacKenzie), Канада	0.24	0.02	0.892	0.346	Reeder et al., 1972
-	р. Амазонка, верховье, Iquitos	0.28	0.028	0.477	0.096	Stallard, Edmond, 1983
-	р. Амазонка, низовье, Obidos	0.065	0.02	0.13	0.042	Stallard, Edmond, 1983
-	р. Парана (Parana), Аргентина	0.06-0.44	0.04-0.16	0.05-0.29	0.05-0.11	Cascante et al., 1985
1983-1984	р. Ориноко (Orinoco), Боливия	0.04	0.018	0.07	0.022	Paolini et al., 1987

в условиях пониженной минерализации. Низкие концентрации электролитов в воде характерны для водоемов Палеарктики. Южные водоемы имеют повышенную минерализацию. В таких условиях у моллюсков не было необходимости формировать системы, способные осуществлять транспорт ионов из воды с более низкими концентрациями.

Заключение

Пороговые концентрации натрия, калия, кальция, магния в воде, необходимые для поддержания ионного баланса между организмом *Lithoglyphus naticoides* и пресной водой, составляют 0.0024–0.0047, 0.0014–0.0025, 0.025–0.038, 0.0023–0.0032 ммоль/л, соответственно. При таком содержании ионов в воде моллюски находятся в неподвижном состоянии. Проявление двигательной активности животных наблюдается при достижении концентрации натрия, калия, кальция, магния в воде 0.013–0.015, 0.0037–0.0043, 0.13–0.15, 0.027–0.029 ммоль/л, соответственно. Сравнение данных по пороговым концентрациям *L. naticoides* и содержанию катионов в водоемах Земли показывает, что для данного вида нет ограничений для расселения. Низкие пороговые концентрации катионов в воде для *L. naticoides* указывают на то, что такая высокая способность поглощать ионы из воды могла сформироваться только в условиях пониженной минерализации, которая характерна для водоемов Палеарктики.

Благодарности

Автор выражает благодарность А.В. Тютину за сбор, доставку и предоставление моллюсков для проведения экспериментов, В.А. Гусакову, Е.С. Гусеву и Н.В. Лобус за сбор, доставку и предоставление проб воды из различных водоемов Вьетнама.

Литература

- Белявская Л.И., Вьюшкова В.П. Донная фауна Волгоградского водохранилища // Труды Саратовского отд. ГосНИОРХ. 1971. Т. 10. С. 93–106.
- Виноградов Г.А. Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных. М.: Наука, 2000. 216 с.
- Виноградов Г.А., Биочино Г.И. Физиологические особенности моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.), обитающих в Рыбинском водохранилище // Биол. внутренних вод. 2005. № 3. С. 74–78.
- Виноградов Г.А., Клерман А.К., Комов В.Т. Особенности ионного обмена пресноводных моллюсков в условиях высокой концентрации ионов водорода и низкой минерализации внешней среды // Экология. 1987. № 3. С. 81–84.
- Виноградов Г.А., Комов В.Т. Ионный обмен у золотого карася и карпа при акклимации к воде низкой минерализации // Вопр. ихтиологии. 1988. Т. 28. № 1. С. 124–131.
- Гасинас И.И. Представители фауны Каспийского комплекса в водных объектах Литвы // Ресурсы внутренних водоемов Северо-Запада. Петрозаводск: Карельский филиал ГосНИОРХ, 1968. Т. 5. С. 240–242.
- Гинецинский А.Г. Физиологические механизмы водно-солевого равновесия. М.;Л: Наука, 1964. 428 с.
- Зеленкова Н.Ф. Ионный состав воды Губы Молочной озера Имандра и ее рыбохозяйственное значение // Проблемы рыбохозяйственных исследований внутренних водоемов северо-западной Европейской части СССР. Тез. докл. науч.-практ. конф. мол. ученых и спец. Петрозаводск. 1984. С. 12–13.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Загорская Е.П., Антонов П.И. Распределение инвазионных видов в составе донных сообществ Куйбышевского водохранилища: анализ многолетних исследований // Известия Самарского НЦ РАН. 2008. Т. 10. № 2. С. 547–558.

- Мартемьянов В.И. Содержание катионов в плазме, эритроцитах и мышцах леща *Abramis brama*, отловленного в различных участках Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиологии. 1994. Т. 34. № 5. С. 727–731.
- Мартемьянов В.И. Влияние минерального состава внешней среды на показатели водно-солевого обмена вселившейся в Рыбинское водохранилище дрейссены *Dreissena polymorpha Pallas* // Росс. журн. биол. инвазий. 2011. № 2. С. 120–134.
- Мартемьянов В.И., Маврин А.С. Пороговые концентрации катионов во внешней среде, определяющие границы ареала речного рака в пресных водоемах // В сб.: Экология водных беспозвоночных / Ред. А.В. Крылов, И.К. Ривьер, Г.Х. Щербина. Ярославль: Принтхаус, 2010. С. 195–198.
- Мартемьянов В.И., Маврин А.С. Влияние ионов меди на организм окуня при пороговых концентрациях катионов в пресной воде // В кн.: Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: В 2 ч. Часть 1. Борок: ООО ТР-принт, 2011. С. 159–162.
- Мартемьянов В.И., Маврин А.С. Пороговые концентрации катионов во внешней среде, определяющие границы выживания нитчатой водоросли *Spirogyra* в пресных водоемах // Сибирский экологический журнал. 2012. № 3. С. 345–350.
- Наточин Ю.В., Лаврова Е.А. Физиологические механизмы водно-солевого гомеостаза у рыб различной экологии // В кн.: Биологические основы рыбоводства. Актуальные проблемы экологической физиологии и биохимии рыб. М.: Наука, 1984. С. 133–166.
- Пирогов В.В. О нахождении *Lithoglyphus naticoides* в дельте Волги // Зоол. журн. 1972. Т. 51. № 6. С. 912–913.
- Пирогов В.В., Фильчаков В.А., Зинченко Т.Д., Карпюк М.И., Едский Л.Б. Новые элементы в составе бентофауны Волго-Камского каскада водохранилищ // Зоол. журн. 1990. Т. 69. № 9. С. 138–142.
- Проссер Л. Сравнительная физиология животных. Т. 1. М.: Мир, 1977. 608 с.
- Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. Л.: Наука, 1970. 372 с.
- Тютин А.В., Слынько Ю.В. Первое обнаружение черноморского моллюска *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda) и ассоциированных с ним видоспецифичных трематод в бассейне Верхней Волги // Росс. журн. биол. инвазий. 2008. № 1. С. 41–46.
- Яковлев В.А., Ахметзянова Н.Ш., Яковлева А.В. Встречаемость, распределение и размерно-весовые характеристики *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda: Hydrobiidae) в верхней части Куйбышевского водохранилища // Росс. журн. биол. инвазий. 2009. № 1. С. 50–66.
- Arbauiauskas K., Semenchenko V., Grabowski M. et al. European inland waterways // Aquatic Invasions. 2008. V. 3. № 2. P. 211–230.
- Alexandrov B., Boltachev A., Kharchenko T. et al. Trends of aquatic alien species invasions in Ukraine // Aquatic Invasions. 2007. V. 2. № 3. P. 215–242.
- Bartarya, S. K. Hydrogeochemistry and rock weathering in a sub-tropical lesser Himalayan river basin in Kumaun, India // J. Hydrol. 1993. V. 146. P. 149–174.
- Baxter R.M., Golobitsh D.L. A note on the limnology of Lake Hayq, Ethiopia // Limnol. Oceanography. 1970. V. 15. № 1. P. 144–149.
- Bernauer D., Jansen W. Recent invasions of alien macroinvertebrates and loss of native species in the upper Rhine River, Germany // Aquatic Invasions. 2006. V. 1. № 2. P. 55–71.
- Cascante E., Giombi N., Depetris P. J. Abundances and fluxes of inorganic particulate and dissolved phases in the

- Paraná River (Argentina) // In: Transport of carbon and minerals in major World Rivers, Pt. 3 / Ed. E. T. Degens, S. Kempe, R. Herrera. Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg: SCOPE/ UNEP Sonderbd. 1985. V. 58, P. 305–310.
- Devin S., Beisel J.-N., Usseglio-Polatera Ph., Moreteau J.-C. Changes in functional biodiversity in an invaded freshwater ecosystem: the Moselle River // *Developments Hydrobiology*. 2005. V. 180. P. 113–120.
- Gaillardet, J., Dupre, B., Louvat, P., Allegre, C.J. Global silicate weathering and CO₂ consumption rates deduced from the chemistry of large rivers // *Chem. Geol.* 1999. V. 159. P. 3–30.
- Gollasch S., Nering S. National checklist for aquatic alien species in Germany // *Aquatic Invasions*. 2006. V. 1. № 4. P. 245–269.
- Grigorovich I.A., MacIsaac H.J., Shadrin N.V., Nills E.L. Patterns and mechanisms of aquatic invertebrate introductions in the Ponto-Caspian region // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2002. V. 59. P. 1189–1208.
- Guilin H, Congqiang L. Hydrogeochemistry of Wujiang river water in Guizhou province, China // *Chinese J. Geochem.* 2001. V. 20. №. 3. P. 240–248.
- Huh Y., Panteleyev G., Babich D., Zaitsev A., Edmond J.M. The fluvial geochemistry of the rivers of Eastern Siberia: II. Tributaries of the Lena, Omoloy, Yana, Indigirka/Kolyma, and Anadyr draining the collisional/accretionary zone of the Verkhoysk and Cherskiy ranges // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1998. V. 62. P. 2053–2075.
- Jazdzewski K., Konopacka A. Invasive Ponto-Caspian species in waters of the Vistula and Oder basins and southern Baltic Sea // In: *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management* / Eds. E. Leppakoski, S. Gollasch, S. Olenin. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2002. P. 384–398.
- Karatayev A.Y., Mastitsky S.E., Burlakova L.E., Olenin S.N. Past, current, and future of the central European corridor for aquatic invasions in Belarus // *Biol. Invasions*. 2008. V. 10. P. 215–232.
- Krogh A. Osmotic regulation in aquatic animals. Cambridge, 1939. 242 p.
- Li S., Xu Z., Wang H., Wang J., Zhang Q. Geochemistry of the upper Han River basin, China 3: Anthropogenic inputs and chemical weathering to the dissolved load // *Chem. Geology*. 2009. V. 264. P. 89–95.
- Li S., Zhang Q. Major ion chemistry and weathering processes of the Danjiangkou Reservoir, China // *Hydrological Sciences Journal*. 2010. V. 55. P. 1385–1395.
- Martemyanov V.I., Mavrin A.S. Threshold Environmental Concentrations of Cations Defining the Range of Roach *Rutilus rutilus* L. in Freshwater Reservoirs // *Inland Water Biology*. 2012. V. 5. №. 1. P. 91–95.
- Mastitsky S.E. Samoilenko V.M. The gravel snail, *Lithoglyphus naticoides* (Gastropoda: Hydrobiidae), a new Ponto-Caspian species in Lake Lukomskoe (Belarus) // *Aquatic Invasions*. 2006. V. 1. № 3. P. 161–170.
- Mouthon J. *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer) (Gastropoda: Prosobranchia): distribution in France, population dynamics and life cycle in the Saone river at Lyon (France) // *Inter. J. Limnol.* 2007. V. 43. № 1. P. 53–59.
- Oikari A. Ionic and osmotic balance in the pike, *Esox lucius* L. in fresh and brackish water // *Ann. Zool. Fennici*. 1978. V. 15. № 2. P. 84–88.
- Paolini J., Hevia R., Herrera R. Transport of carbon and minerals in the Orinoco and Caroni rivers during the years 1983-84 // In: *Transport of carbon and minerals in major world rivers. Pt. 4* / Ed. E.T. Degens, S. Kempe, Gan Weibin. Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg: SCOPE/UNEP Sonderbd. 1987. V. 64. P. 325–338.

- Potts W.T.W., Parry G. Osmotic and ionic regulation in animals. L.: Pergamon press, 1964. 423 p.
- Reeder S.W., Hitchon B., Levinson A.A. Hydrogeochemistry of the surface waters of the Mackenzie River drainage basin, Canada: 1. Factors controlling inorganic composition // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1972. V. 36. P. 181–192.
- Sarin, M. M, Krishnaswamy, S., Dilli, K., Somayajulu, B. L. K., Moore, W. S. Major ion chemistry of Ganga-Brahmaputra river system: weathering processes and fluxes of the Bay of Bengal // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. V. 53. P. 997–1009.
- Singh A.K., Hasnain S.I. Major ion chemistry and weathering control in a high altitude basin: Alaknanda River, Garhwal Himalaya, India // *Journal Sciences Hydrologiques*. 1998. V. 43. P. 825–843.
- Stallard R.F., Edmond J.M. Geochemistry of the Amazon: 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load // *J. Geophys. Res.* 1983. V. 88. P. 9671–9688.

**THRESHOLD CATION CONCENTRATIONS
IN THE WATER DETERMINING THE RANGE
LIMITS OF INVADED THE RYBINSK RESERVOIR
GASTROPOD MOLLUSC *LITHOGLYPHUS*
NATICOIDES (GASTROPODA)**

© 2012 Martemyanov V.I.

Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,
Borok, Yaroslavl oblast, Russia, e-mail: martem@ibiw.yaroslavl.ru

Threshold concentration of sodium, potassium, calcium, magnesium in the water determining the limits of survival of the *Lithoglyphus naticoides* in fresh reservoirs constitute 0.0024–0.0047, 0.0014–0.0025, 0.025–0.038, 0.0023–0.0032 mmol/l, respectively. At such content of ions in water the molluscs are in motionless condition. Display of impellent activity of animals is observed at achievement of concentration of sodium, potassium, calcium, magnesium in water 0.013–0.015, 0.0037–0.0043, 0.13–0.15, 0.027–0.029 mmol/l, respectively. It is shown, that for *L. naticoides* according to the content of ions in the water, there are no restrictions for moving into various reservoirs of the Earth. The received results are in concordance with the point of view stated in the literature about palearctic origin of the *L. naticoides*.

Key words: *Lithoglyphus naticoides*, sodium, potassium, calcium, magnesium.