

УДК 574.586

РОЛЬ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В САМООЧИЩЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Юлия Николаевна Шаплыгина, аспирант, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, shaplugina@yandex.ru

Татьяна Федоровна Курочкина, доктор биологических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, kurtf@mail.ru

Ботагоз Мурасовна Насибулина, доктор биологических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, BellaNasib@yandex.ru

Целью работы является количественная оценка биофильтрационной роли моллюсков-фильтраторов на примере вида *Unio pictorum* в самоочищении вод дельты р. Волга. Проведенные исследования, направленные на изучение фильтрационной способности пресноводных моллюсков, показали, что изучаемые виды организмов в период наивысшей активности способны прокачать огромное количество воды, способствуя тем самым самоочищению водоема дельты р. Волга. Являясь одной из важнейших частей системы самоочищения водоема, *Unio pictorum* ускоряют процессы осаждения, утилизации органического вещества с последующей его минерализацией, накопления и разложения веществ и транзита их из воды в грунт. Следует отметить, что двустворчатые моллюски в водоемах выступают как природные биофильтры, очищающие воду от находящихся в ней во взвешенном состоянии веществ как органического, так и антропогенного происхождения. В результате фильтрационной деятельности двустворчатых моллюсков создается биогенная циркуляция воды, способствующая перемешиванию водных масс.

Ключевые слова: пресноводные моллюски, моллюски-фильтраторы, самоочищение водоемов, донные организмы, донные отложения, водная экосистема, фильтрация, фильтрационная активность, осаждение взвешенных веществ, *Unio pictorum*

THE ROLE OF FRESHWATER ECOSYSTEMS IN THE PROCESS OF SELF-PURIFICATION OF AQUATIC ENVIRONMENT

Shaplygina Yulia N., post-graduate student, Astrakhan State University, 1 Shaumyan Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, shaplugina@yandex.ru

Kurochkina Tatyana F., D.Sc. (Biology), Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, kurtf@mail.ru

Nasibulina Botagoz M., D.Sc. (Biology), Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, BellaNasib@yandex.ru

The main purpose of the work is the quantitative assessment of a biofiltrational role of filter-feeding bivalve mollusks on the example of a species of *Unio pictorum* in self-purification of the waters of the delta of the River Volga. The conducted researches directed on the studying of filtrational ability of fresh-water mollusks showed that the studied species of organisms are capable to pump over a huge amount of water in the period of their highest activity, favouring the self-purification of the reservoir of the delta of the River Volga. Being one of the most important parts of the self-purification system of a reservoir, *Unio pictorum* accelerate the processes of sedimentation, utilization of organic substance with its subsequent mineralization, accumulation and decomposition of the substances and their transit from water into soil. It should be noted that in reservoirs the bivalve mollusks act as the natural biofilters purifying water from situating suspended substances in it of both origins organic and an anthropogenous. As a result of filtrational activity of bivalve mollusks, the biogenic circulation of water is created promoting the mixture of water masses, the clarification of water, deleting a suspension from it and clearing water.

Keywords: fresh-water mollusks, filter-feeding bivalve mollusks, self-purification of the reservoirs, bottom organisms, bottom sediments, water ecosystem, filtration, filtrational activity, sedimentation of the suspended substances, *Unio pictorum*

Дельта р. Волга – уникальный водоем, являющийся внутренним наиболее продуктивным рыбопромысловым регионом Российской Федерации, с огромным запасом углеводородных ресурсов и биологических богатств, не имеющих аналогов в мире, сегодня испытывает значительное антропогенное воздействие. Экосистема дельты р. Волги подвергается интенсивной разнофакторной антропогенной нагрузке ввиду широкого концентрационного диапазона поллютантов, мигрирующих из одной подсистемы в другую, аккумулируясь и вызывая загрязнение [2; 3].

Необходимость анализа и прогноза состояния водных экосистем требует знания экологической роли и динамики структурного развития групп организмов, участвующих в процессах трансформации вещества и энергии. Поэтому при оценке степени загрязнения водоемов необходимо учитывать, в частности малакофауну нашего региона, ее развитие и взаимодействие с другими экологическими группами.

Природный водоем представляет собой сбалансированную экосистему, в которой действуют механизмы самоочищения. Самоочищение водоемов – это свойство водоемов (рек, озер, морей) превращать органические и часть неорганических веществ в безвредные соединения [5–7].

Одним из определяющих факторов в самоочищении водоемов является скорость самоочищения, которая зависит от таких факторов, как:

- количество загрязнений, поступивших в водоем;
- глубина водоема и скорость течения: чем больше степень разбавления, тем быстрее проходит очистка воды;
- температура воды: самоочищение активнее протекает при более высокой температуре, поэтому летом оно более интенсивное, что объясняется количественным развитием гидробионтов;
- содержание кислорода, поступающего в водоем.

Усилению процессов самоочищения в водоемах способствуют заселение прибрежной зоны загрязненных водоемов рядом видов высшей водной растительности при условии периодического изъятия их избыточной биомассы, регуляция численности растительноядных рыб, контроль за загрязнением и самоочищением, установление пределов антропогенных нагрузок на экосистему, гидромелиоративные работы, направленные на повышение очистительной способности водоемов [8; 9].

Механизмы процессов самоочищения водоемов делятся на три группы – физические, химические, биологические. В самоочищении водоемов принимают участие все гидробионты, но главную роль играют организмы-фильтраторы, такие как пресноводные двустворчатые моллюски.

Самоочищение водоема под воздействием физического фактора происходит в результате разбавления вод водоема чистой водой и свежими притоками в результате которого снижается концентрация органических веществ в воде, создаются неблагоприятные условия для размножения микробов и, как следствие этого, оседание в воде нерастворимых органических и неорганических частиц (седиментация), а вместе с ними и бактерий. На скорость осаждения веществ влияют скорость течений и перемешивание воды.

Физические явления осаждения тесно связаны с жизнедеятельностью гидробионтов – фильтраторов и седиментаторов, которые извлекают из воды и пропускают через свой организм огромные количества взвешенных веществ и выбрасывают непереваренный материал в виде фекальных комочков, легко оседающих на дно. Еще большее значение имеет процесс образования моллюсками псевдофекалий [10; 11].

При самоочищении водоема под воздействием химического фактора происходит полное или частичное обезвреживание токсикантов в результате процессов гидролиза, коагуляции и осаждения, окисления веществ кислородом и перекисью водорода, растворенными в воде. Соли серебра, меди, галогенов (йод, бром и др.), NaCl, растворенные в воде, pH, а также окисление органических и неорганических веществ в водоеме оказывают бактериостатическое и бактерицидное действие на микроорганизмы.

Огромная роль в самоочищении водоемов принадлежит биологическим факторам, действие которых обусловлено сложными взаимоотношениями гидробионтов. К ним относят включение загрязняющих веществ в обменные процессы, их разрушение или перевод в другие, нетоксические формы соединений у разных гидробионтов и др.

Двустворчатые моллюски в водоемах выступают как природные биофильтры, очищающие воду от находящихся в ней во взвешенном состоянии веществ как органического, так и антропогенного происхождения. В результате фильтрационной деятельности двустворчатых моллюсков создается биогенная циркуляция воды, способствующая перемешиванию водных масс.

Вместе с тем, роль пресноводных моллюсков в самоочищении водоемов во многом определяется способом питания. Моллюски-фильтраторы, такие как *Unio pictorum* способствуют осветлению воды, удаляя из нее взвесь, включая водоросли, бактерии (рис.).

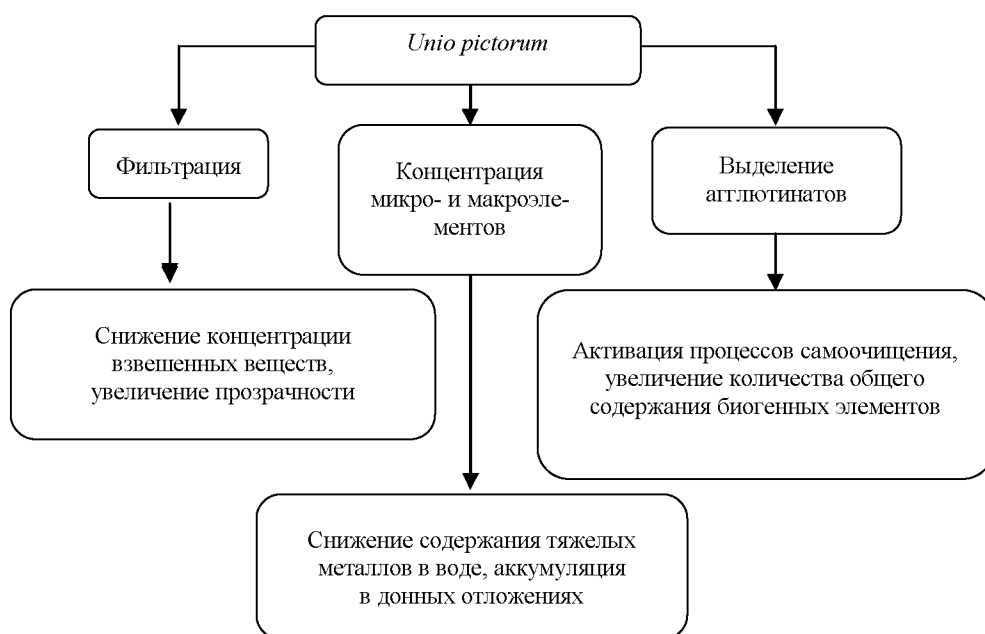


Рис. Роль *Unio pictorum* в экосистеме водотоков дельты р. Волга

Одна крупная перловица размером 10 см способна профильтровать в сутки 20–4 л воды, поглощая при этом не только питательные вещества и кислород, но и болезнетворные бактерии и токсичные вещества [1]. Благодаря этому моллюски прекрасно очищают воду. Вода, прошедшая фильтрационный аппарат моллюска, полностью освобождена от взвеси, которая осаждается на дне водоемов в виде агглютинатов.

Фильтрационную активность пресноводных моллюсков на примере *Unio pictorum* определяли по методике, разработанной С.А. Остроумовым (2001а) с некоторыми изменениями. Эксперименты по изучению фильтрационной активности гидробионтов проводили с ионами тяжелых металлов Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} в концентрации 10 и 100 мкг/л. Скорость фильтрации определяли по снижению оптической плотности водной среды на спектрофотометре Unicо при длине волны 550 нм. Среду создавали внесением дрожжей *Sacharomycetes cerevisiae*. Объем среды инкубации составил 1,0 л, время инкубации гидробионтов – 60 мин. На этот объем помещали по 10 экз. *Unio pictorum* с длиной раковины 5,4–8,3 см. Контрольная группа моллюсков содержалась в таких же условиях, но без добавления токсикантов.

Процессы биологического самоочищения ериков Лотосный и Паразитный с помощью двусторчатых моллюсков *Unio pictorum* оценивались расчетным способом исходя из их биофильтрационной способности. Для расчетов использовались известные характеристики площади исследуемого участка по картографическим данным, скорости фильтрации *Unio pictorum* [1], а также данные собственных измерений (глубина, ширина водоема, численность и биомасса малакофауны). Объем профильтрованный моллюсками воды за период исследований (июнь-август, 90 сут.), рассчитывался по формуле:

$$V_{vds} = N_{cp} \cdot V_{ф.в.} \cdot 90 \text{ сут.} \cdot S,$$

где V_{vds} – объем воды, фильтруемой *Unio pictorum* на участке определенной площади в течение периода исследований; N_{cp} – средняя численность *Unio pictorum*; $v_{ф.в.}$ – объем воды, фильтруемой *Unio pictorum*, л/сут.; S – площадь экспериментального участка;

Достоверность полученных экспериментальных данных определялась статистическими методами обработки информации с использованием методов описательной статистики, корреляционного анализа, с применением программного комплекса SPSS и использованием общепринятых методов биометрии.

Для количественной оценки роли *Unio pictorum* в очищении воды водоемов дельты р. Волга от взвешенных веществ использовались установленные зависимости скорости фильтрации от численности.

Исходя из наших количественных показателей в ериках Лотосный и Паразитный численность моллюсков *Unio pictorum* составила 40 и 15 экз./м² соответственно. Средний вес одного моллюска составил 35 г. Моллюск *Unio pictorum* фильтрует 85,5 мл/ч. Тогда один моллюск *Unio pictorum* отфильтровывает 35,910 л/сут. при фильтрационной активности 12 ч/сут. Следовательно, все моллюски на 1 м² в ер. Лотосный за сутки отфильтруют 1436,4 л воды, а в Паразитном – 538,65 л. Вся популяция моллюсков *Unio pictorum* на предполагаемом экспериментальном участке при глубине 3,0 м, ширине 10,0 м и длине 10,0 м, площадью 100 м² отфильтрует за сутки 143640 л воды ер. Лотосный и 53865 л воды ер. Паразитный. По нашим расчетам, фильтрационная активность *Unio pictorum* по значениям численности в сутки составляет 0,48 объемов профильтрованной воды исследуемых участка ер. Лотосный и 0,18 объемов ер. Паразитный, что соответствует 48 % объема воды ер. Лотосный и 18 % объема воды ер. Паразитный в сутки. За летний период (90 сут.) моллюски *Unio pictorum*, согласно нашим расчетам, способны профильтровать 4,3 объема воды экспериментального участка ер. Лотосный и 1,61 объема воды экспериментального участка ер. Паразитный.

Данные объемов воды (V_{sun}), профильтрованных *Unio pictorum* на экспериментальных участках ериков Лотосный и Паразитный в течение летнего сезона (90 сут.) отражены в таблице.

Таблица

Количественные показатели фильтрационной активности моллюсков *Unio Pictorum*

Участок	Численность, экз./м ²	V воды участка, т	Фильтрационная активность/сут., %	V_{sun}
Ерик Лотосный	40	300	48	1292,76
Ерик Паразитный	15	300	18	484,785

Данные корреляционного анализа показали, что участки ериков Лотосный и Паразитный, заселенные *Unio pictorum* характеризуются большей прозрачностью воды ($r = 0,76$, $p < 0,05$), большим количеством нитритов ($r = 0,74$, $p < 0,05$), аммония ($r = 0,63$, $p < 0,05$), что свидетельствует об активных процессах самоокисления.

Таким образом, приведенные расчеты наглядно демонстрируют, что в период наивысшей активности моллюски *Unio pictorum* способны прокачать достаточно большое количество воды, способствуя тем самым самоочищению водоема дельты р. Волга. Являясь одной из важнейших частей системы самоочищения водоема, двусторчатые моллюски на примере *Unio pictorum* ускоряют процессы осаждения, утили-

лизации органического вещества с последующей его минерализацией, накопления и разложения веществ и транзита их из воды в грунт. Исследования показали, что в процессе самоочищения происходит как потребление кислорода в результате проведения окислительно-восстановительных реакций, так и выделение кислорода в результате образования органических веществ из минеральных.

Список литературы

1. **Алимов А. Ф.** Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А. Ф. Алимов. – Ленинград : Наука, 1981. – 248 с.
2. **Курочкина Т. Ф.** Экологическая безопасность при проведении геолого-разведочных работ на северном Каспии / Т. Ф. Курочкина, А. Г. Алексеев // Естественные науки. – 2008. – № 4 (25). – С. 235.
3. **Курочкина Т. Ф.** Использование донных организмов в качестве природных индикаторов качества воды в экосистеме дельты и авандельты реки Волги / Т. Ф. Курочкина, Ю. Н. Шаплыгина // Естественные науки. – 2011. – № 3 (36). – С. 59–64.
4. **Курочкина Т. Ф.** Мониторинг экосистемы дельты Волги / Т. Ф. Курочкина, А. Л. Калабеков, Д. В. Седякин. – Москва : Россельхозакадемия, 2001. – 236 с.
5. **Насибулина Б. М.** Оценка качества воды водоемов дельты Волги по гидробиологическим и гидрохимическим показателям / Б. М. Насибулина, Е. Г. Локтионова // Экология и промышленность России. – 2009. – № 9. – С. 48–51.
6. **Насибулина Б. М.** Экологические особенности развития донных беспозвоночных дельты Волги / Б. М. Насибулина. – Астрахань : Астраханский ун-т, 2005. – 110 с.
7. **Ashton E. C.** A base line study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia / E. C. Ashton, D. J. Macintosh, and P. J. Hogarth // Journal of Tropical Ecology. – 2003. – № 19. – P. 127–142.
8. **Beldi H.** Seasonal variation of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusks *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria / H. Beldi, F. Gimbert, S. Maas et al. // Afr. J. Agricult. Research. – 2006. – Vol. 1, № 4. – P. 85–90.
9. **Boening D. W.** An evaluating of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters / D. W. Boening // Environmental monitoring and assessment. – 1999. – Vol. 55. – P. 459–470.
10. **Bryan G. W.** The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms / G. W. Bryan // Proc. Roy. Soc. London. – 1971. – Ser. B. – Vol. 177. – P. 389–410.
11. **Constable D. J.** Ecology of benthic macro-invertebrates in soft-sediment environment: A review of progress towards quantitative models and predictions / D. J. Constable // Australian Journal of Ecology. – 1999. – Vol. 24. – P. 452–476.

References

1. Alimov A. F. *Funktsionalnaya ekologiya presnovodnykh dvustvorchatykh mollyuskov* [Functional ecology of freshwater bivalves]. Leningrad, Nauka Publ., 1981, 248 p.
2. Kurochkina T. F., Alekseev A. G. *Ekologicheskaya bezopasnost pri provedenii geologo-razvedochnykh rabot na severnom Kaspii* [Environmental safety during geological exploration in the northern Caspian]. *Yestestvennye Nauki* [Naturals Sciences], 2008, no. 4 (25), p. 235.
3. Kurochkina T. F., Shaplygina Yu. N. *Ispolzovanie donnykh organizmov v kachestve prirodnykh indikatorov kachestva vody v ekosisteme delty i avandelty reki Volgi* [Use of benthic organisms as natural indicators of water quality in the Delta Ecosystem and the Volga River delta]. *Yestestvennye Nauki* [Naturals Sciences], 2011, no. 3 (36), pp. 59–64.
4. Kurochkina T. F., Kalabekov A. L., Sedyakin D. V. *Monitoring ekosistemy delty Volgi* [Monitoring ecosystems in the Volga delta]. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 2001, 236 p.
5. Nasibulina B. M., Loktionova Ye. G. *Otsenka kachestva vody vodoemov delty Volgi po gidrobiologicheskim i gidrokhimicheskim pokazatelyam* [Assessment of the quality of water in reservoirs of the Volga delta hydrobiological and hydrochemical]. *Ekologiya i promyshlennost Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2009, no. 9, pp. 48–51.
6. Nasibulina B. M. *Ekologicheskie osobennosti razvitiya donnykh bespozvonochnykh delty Volgi* [Ecological features of benthic invertebrates in the Volga delta]. Astrakhan, Astrakhan State University Publ., 2005, 110 p.
7. Ashton E. C., Macintosh D. J., Hogarth P. J. A base line study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 2003, no. 19, pp. 127–142.

8. Beldi H., Gimbert F., Maas S. et al. Seasonal variation of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusks *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *Afr. J. Agricult. Research.*, 2006, vol. 1, no. 4, pp. 85–90.
9. Boening D. W. An evaluating of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. *Environmental monitoring and assessment*, 1999, vol. 55, pp. 459–470.
10. Bryan G. W. The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. B.*, 1971, vol. 177, pp. 389–410.
11. Constable D. J. Ecology of benthic macro-invertebrates in soft- sediment environment: A review of progress towards quantitative models and predictions. *Australian Journal of Ecology*, 1999, vol. 24, pp. 452–476.