

---

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ВЕРХНИХ ПЛЕСОВ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.Ю. Степанова, Т.А. Кондратьева,  
В.З. Латыпова

Казанский государственный университет им В.И. Ульянова-Ленина  
Ул. Кремлевская, 18, Казань, Россия, 420008

При натурном исследовании донных отложений верхних плесов Куйбышевского водохранилища было выявлено упрощение бентосного сообщества, смещение соотношения в сторону преобладания эврибионтных видов над стенобионтными, уменьшение роли хищников, массовое развитие инвазийных видов. В условиях уменьшения роли макрозообентоса в энергетическом обмене все большую роль приобретает микробная фауна донных отложений, что приводит к изменению кислородного баланса в придонных слоях воды Куйбышевского водохранилища. Отмеченные тенденции указывают на процессы дестабилизации экосистемы Куйбышевского водохранилища на современном этапе его существования.

**Ключевые слова:** бентосные сообщества, экосистема Куйбышевского водохранилища, энергетический обмен, процессы дестабилизации.

Одной из наиболее актуальных экологических проблем России является проблема качества воды. Политика «окультуривания» водотоков, проводившаяся на протяжении последних нескольких десятилетий, включала в себя спрямление русел и берегов, практически превращающее реки в каналы, строительство дамб и плотин для регулирования стока в периоды высокой воды и целый ряд других инженерных мероприятий. Вследствие подобных мероприятий не было утрачено природное своеобразие речных экосистем, также участились экологические катастрофы, так как искусственно созданные водные системы не могут компенсировать действие экстремально высоких антропогенных нагрузок.

Аналогичная ситуация сложилась в пойме р. Волги после проведения мероприятий по ее зарегулированию в систему гидротехнических сооружений в 1956 г. Интенсивная хозяйственная деятельность людей усиливает антропогенные воздействия на Куйбышевское водохранилище, что приводит к различного рода изменениям в экосистеме, влечет за собой эвтрофирование, загрязнение, уменьшение продуктивности, ухудшение качества воды и т.д. Существующая государственная система гидромониторинга, призванная дать оценку и прогноз этим изменениям, базируется в основном на гидрохимических наблюдениях, где полностью отсутствует продукционно-деструкционная характеристика функционирования экосистемы, хотя именно эти показатели позволяют судить об экологическом статусе водоема и тенденциях его изменения.

С целью изучения некоторых особенностей функционирования бентосного сообщества верхних плесов Куйбышевского водохранилища в ходе экспедици-

онных выездов в летний период 2003—2005 гг. в прибрежной зоне Волжского, Камского и Волжско-Камского плесов были отобраны и проанализированы пробы макрозообентоса, определен микробиологический состав основных групп микроорганизмов в донных отложениях различного типа. Дополнительно были рассчитаны значения продукции бентосного сообщества физиологическим методом [1].

**Материалы и методы.** Отбор проб донных отложений в Волжском, Волжско-Камском и Камском плесах Куйбышевского водохранилища осуществляли с помощью дночерпателя Петерсена в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 [2]. Биологический анализ макрозообентоса проводили по общепризнанным методикам [3; 4].

Для определения скорости потребления кислорода донными отложениями использовали стеклянные банки объемом 0,5—0,75 л. К 150—200 г субстрата добавляли воду исследуемого водоема в соотношении 1 : 3. Плотно закрывали сосуд крышками под толщей воды, чтобы вытеснить воздух из сосуда. Измеряли начальную концентрацию кислорода ( $C_0$ ) исследуемой воды оксиметром и после 24—36 ч. Экспозиции замеряли остаточное содержание кислорода ( $C_t$ ). Параллельно в донных отложениях определяли следующие параметры: массу ( $M$ ), влажность, содержание органических веществ через потери при прокаливании.

Скорость потребления кислорода в пересчете на 1 г сухой массы рассчитывали по формуле:  $R = (C_0 - C_t) / Mt$  (мгО<sub>2</sub>/ г · сут)

При изучении микробиологического состава [5] донных отложений определяли: общее количество микроорганизмов (посев на мясо-пептонном агаре); количество аэробных и анаэробных форм (посев на мясо-пептонном агаре); количество микроорганизмов, использующих органические формы азота (посев на мясо-пептонном агаре); количество микроскопических грибов (посев на суслоагаре); количество актиномицетов (посев на крахмало-аммиачном агаре); количество микроорганизмов, способных использовать минеральные формы азота (посев на крахмало-аммиачном агаре), количество сульфатредуцирующих бактерий (на среде Постгейта) в пересчете на 1 г сухой почвы.

Значения вторичной продукции рассчитывали физиологическим методом [1].

Статистическая значимость полученных результатов рассчитывалась при доверительной вероятности  $P > 0,95\%$  при соответствующих значениях коэффициента Стьюдента [6] с использованием пакета программы Statistica 6.0 [7].

**Результаты и их обсуждение.** В энерго- и массопереносе донные отложения играют важную роль. Именно в них происходит трансформация органических веществ, не использованных в верхних трофических звеньях водной экосистемы. В зависимости от их биологической устойчивости и токсичности они могут депонироваться в донных отложениях и определять развитие бентосного сообщества, состав которого в свою очередь является хорошим биоиндикатором состояния Куйбышевского водохранилища.

**Характеристика макрозообентосного сообщества.** В зообентосе водохранилища было обнаружено 65 видов беспозвоночных из 10 групп: моллюски и личинки хирономид — по 21 виду; олигохеты — 9 видов; пиявки — 2 вида; ракообразные — 5 видов; ручейники — 2 вида; двукрылые (не считая хирономид) — по 1 виду; полихеты, нематоды и клещи — по 1 виду. Основу зообентоса на обследованной акватории водохранилища составляли моллюски, олигохеты и личинки хирономид (табл. 1). Ракообразные присутствовали в 30% проб. Реже встречались ручейники и пиявки, а полихеты были отмечены только на одной станции. Структурообразующий комплекс для водохранилища включал виды из сем. *Pisidiidae*, *Limnodrilus* sp. И *Chironomus* sp.

Таблица 1

**Характеристика макрозообентосного сообщества  
Куйбышевского водохранилища**

Показатель	Средние значения и диапазон (в скобках) значений
Численность, экз/м <sup>2</sup>	858,3 (40,0—5860,0)
Биомасса, г/м <sup>2</sup>	189,1 (0,002—3848,4)
ИВР* по численности	1,92 (0—3,73)
ИВР по биомассе	1,15 (0—2,39)
Olygochaeta (по биомассе)	0,17 (0,002—1,16)
Mollusca (по биомассе)	215,6 (0,080—3848,4)
Chironomidae (по биомассе)	1,79 (0,010—0,40)
Crustacea (по биомассе)	0,15 (0,010—0,40)
Bol/Bob**	0,08 (0—1,00)
Vx/Vnx***	0,06 (0—1,45)
Vf/Bob****	0,02 (0—0,31)
Вторичная продукция, кал/м <sup>2</sup>	652,2 (—474,2—13445,8)

\* ИВР — индекс видового разнообразия; \*\*Bol/Bob — отношение биомассы олигохет к общей биомассе; \*\*\*Vx/Vnx — отношение биомассы хищников к биомассе нехищников; \*\*\*\*Vf/Bob — отношение биомассы фильтраторов к общей биомассе.

Волжский плес характеризовался низким видовым разнообразием. Количество видов по станциям изменялось от 1 до 8 (в среднем 4) вида. Основу сообщества зообентоса составляли моллюски и олигохеты, которые преобладали на большинстве станций, как по численности, так и по биомассе. Из моллюсков высокой численности достигали *Lythoglyphus naticoides*, *Unio pictorum* и *Dreissena polymorpha* (89,4% общей численности и 99,6% общей биомассы). Олигохетный комплекс был представлен видами *Isochaetides nevaensis* и *Tubifex tubifex*. Последний вид в зообентосе встречался редко (на четырех станциях) и высокой численности не достигал. Количественные характеристики зообентоса в Волжском плесе в целом невысокие — от 40 до 520 экз/м<sup>2</sup> и от 0,002 до 109,4 г/м<sup>2</sup>, составляют в среднем 276 экз/м<sup>2</sup> и 23,4 г/м<sup>2</sup>. Самые высокие значения численности и биомассы были отмечены на ст. Ключищи, где численность зообентоса достигала 5820 экз/м<sup>2</sup>, а биомасса 3848 г/м<sup>2</sup>. Такие высокие показатели связаны с развитием на этом уча-

стке комплекса моллюсков — дрейссены (*D. Polymorpha* и *D. Bugensis*) и живородки, на долю которых приходилось 70% численности и 80% биомассы.

Для хирономид в Волжском плесе характерны низкие качественные (всего 7 видов) и количественные показатели (20—320 экз/м<sup>2</sup> и 0,016—5,48 г/м<sup>2</sup>). Ракообразные встречались на четырех станциях; численность их на этом участке была низкой — 20—40 экз/м<sup>2</sup>, биомасса — 0,01—0,32 г/м<sup>2</sup>. Значения индекса видового разнообразия Шеннона в Волжском плесе также были низкими — от 0 до 2,19 (в среднем 1,39) по численности и от 0 до 1,79 (в среднем 0,7) по биомассе, что свидетельствует о несбалансированности донных биоценозов и характеризует состояние придонных слоев воды как грязное — загрязненное.

Камский и Волжско-Камский плесы характеризовались повышением видового разнообразия, количество видов по станциям изменялось от 4 до 18 (в среднем 8,8) видов. Основу сообщества зообентоса составляли моллюски (до 99% численности и биомассы), личинки хирономид (до 97% численности и 88% биомассы) и олигохеты (до 51% численности и 33% биомассы). На этом участке водохранилища был встречен моллюск *Monodacna colorata*, который является понтокаспийским видом. В пробах были встречены как ювенальные, так и взрослые особи этого моллюска, что говорит об адаптации данного вида к условиям водохранилища.

Известно, что разнообразие сообщества донных животных остается на достаточно высоком уровне, пока доля хищников находится в пределах 10—30%. Однако хищники встречались лишь на шести станциях, а их доля составляла для исследованных участков в среднем 1%, что свидетельствует об уменьшении роли хищников в метаболизме органического вещества в Куйбышевском водохранилище.

Рассчитанные физиологическим методом значения вторичной продукции [1] сильно варьировали в зависимости от места отбора проб. Самая большая величина продукции была получена для станции, расположенной ниже г. Казани (ст. Ключищи) (13 445 кал/м<sup>2</sup>), а самая низкая (–474 кал/м<sup>2</sup>) — для Серговской охотбазы (Свияжский заказник). Для первой станции характерно преобладание моллюсков с доминированием продукционных процессов, а для второй — большое биоразнообразие макрозообентоса с ярко выраженными деструкционными процессами. Здесь было отмечено больше всего видов зообентоса (18 из 5 групп), 6 из них относились к моллюскам, 2 — к пиявкам, 4 — к хирономидам и 1 — к круглым червям. Только на этой станции выявлено самое высокое видовое разнообразие олигохет (5 видов), которые достигали здесь высокой численности 860 экз/м<sup>2</sup> (51% от общей численности), среди них доминировал *L. Claparedianus* (86% от численности олигохет). Высокие значения биомассы (53,3 г/м<sup>2</sup>) обуславливались развитием *L. Naticoides* — 86% общей численности.

Корреляционный анализ (рис. 1) показал, что продукция ( $P_B$ ) бентосного сообщества зависит от биомассы ( $B_M$ ) моллюсков ( $P_B = 13,45 + 2,53 \cdot B_M$ ;  $r = 0,94$ ;  $p < 0,05$ ) для остальных групп животных достоверных математических зависимостей между численностью (биомассой) и вторичной продукцией выявлено не было.

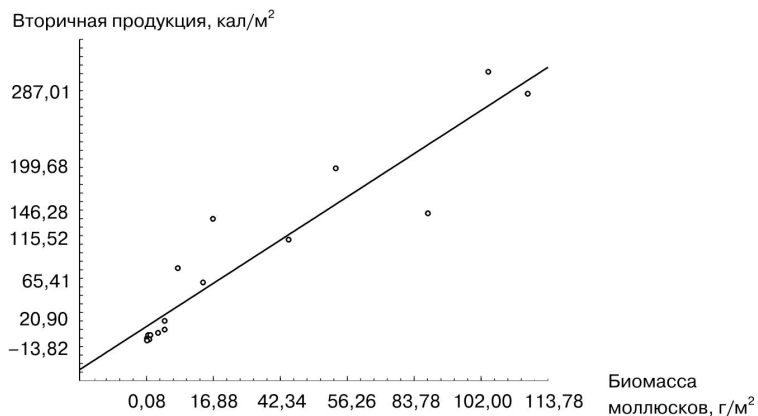


Рис. 1. Зависимость величин вторичной продукции от биомассы моллюсков

*Характеристика микробиологического состава.* Микробиологический анализ проб донного грунта показал наличие следующих основных групп микроорганизмов: аэробные и факультативно-анаэробные (0,200—1,862 млн кл/г), плесневые грибы (106—833 кл/г), актиномицеты (933—60000 кл/г), сульфатредуцирующие микроорганизмы (10—22 000 кл/г). Общее количество микроорганизмов зависело от типа донных отложений: с увеличением содержания органического вещества, выраженного в потерях при прокаливании, росло общее микробное число. Наличие сульфатредуцирующих бактерий отмечалось только в илистых пробах, для которых характерны анаэробные условия, необходимые для функционирования данной группы микроорганизмов.

В изолированных пробах воды совместно с донными отложениями была измерена скорость потребления кислорода микроорганизмами, населяющими донный грунт. Скорость ( $R$ ) потребления кислорода ДО зависела от количества микроорганизмов ( $K_{MO}$ ) при доминирующей роли аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (рис. 2), что выражается уравнением линейной зависимости ( $R = 3,26 + 8,48 \cdot 10^{-5} K_{MO}$ ,  $r = 0,97$ ;  $p < 0,05$ ).

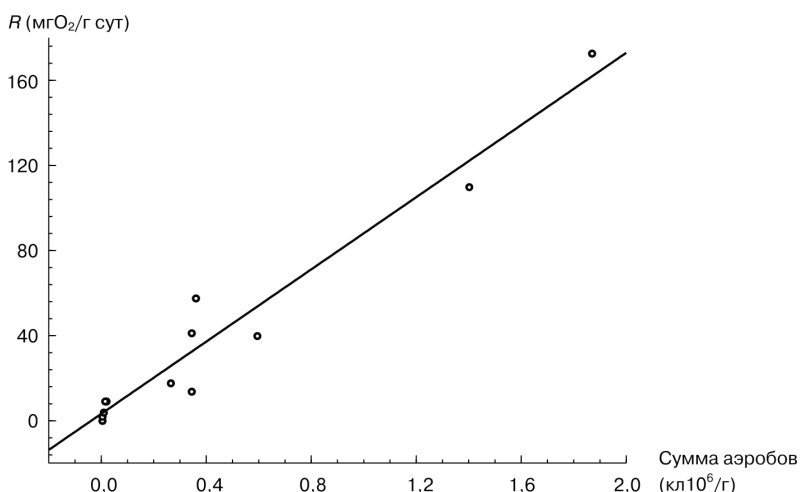


Рис. 2. Зависимость скорости потребления кислорода ( $R$ ) от микробного состава (сумма аэробных и факультативно аэробных микроорганизмов) донными отложениями

**Заключение.** Проведенное исследование донных отложений верхних плесов Куйбышевского водохранилища показало, что наблюдается упрощение бентосного сообщества, смещение соотношения в сторону преобладания эврибионтных видов над стенобионтными, уменьшение роли хищников, наличие тупиковых трофических звеньев в виде массового развития моллюсков дрейссен. В последний период развития Куйбышевского водохранилища не реализованная и не востребованная экосистемной энергия, количество которой увеличивается с возрастанием антропогенного фактора, уменьшение конкуренции и хищничества в сообществе макрозообентоса приводит к массовому развитию отдельных видов, в том числе инвазийных, накоплению органического вещества в донном грунте. В условиях уменьшения роли макрозообентоса в энергетическом обмене все большую роль приобретает микробная фауна донных отложений, что приводит к изменению кислородного баланса в придонных слоях воды Куйбышевского водохранилища. Отмеченные тенденции указывают на процессы дестабилизации экосистемы Куйбышевского водохранилища на современном этапе его существования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Алимов А.Ф.* Определение продукции популяций водных сообществ: Учебно-методическое пособие. — Новосибирск: Наука, 2000.
- [2] ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
- [3] *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод. — Л., 1974.
- [4] ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
- [5] Практикум по микробиологии: Учеб. пособие / Под ред. Н.Г. Егорова. — М.: Изд-во Моск. университета, 1976.
- [6] *Тюрин Ю.Н., Макаров А.А.* Статистический анализ данных на компьютере. — М.: ИНФРА-М, 1998.
- [7] *Боровиков В.Л., Боровиков И.П.* Statistica — статистический анализ и обработка данных в среде Windows. — М.: Филинь, 1997.

### **SOME FEATURES IN FUNCTIONING OF BENTHOS COMMUNITY IN THE TOP REACHES OF THE KUIBYSHEV WATER RESERVOIR**

**N.Yu. Stepanova, T.A. Kondratyeva, V.Z. Latypova**

Kazan State University  
*Kremlievskaya str., 18, Kazan, Russia, 420008*

Simplification of benthos communities, mass development of invasive species, reduction of a role of predators, has been revealed during expedition research of sediments of the top reaches of the Kuibyshev water basin. The reduction of macrozoobenthos contribution in an energy exchange the increasing role is got by microbial fauna of sediments that leads to change of oxygen balance in bottom water. These tendencies indicate on processes of destabilization of the Kuibyshev water basin ecosystem in the present time.

**Key words:** benthos communities, ecosystem of Kuibyshev water basin, energy exchange, processes of destabilization.