

УДК 591.524.11:574.5(28):(621.311.25:621.311.22)

А. А. Силаева

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

ЗООБЕНТОС ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ АТОМНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ УКРАИНЫ

Представлены результаты исследований зообентоса водных объектов, подверженных влиянию ТЭС и АЭС. Таксономическое богатство и уровень развития зообентоса в значительной мере зависят от типа и особенностей конструкции водного объекта, режима и длительности эксплуатации электростанции. Состав зообентоса исследованных водных объектов достаточно богат. Наибольшие количественные показатели зообентоса характерны для средних значений исследованного диапазона абиотических факторов (температуры, глубины). В сообществах с доминированием моллюсков рода *Dreissena* (*D. polymorpha*, *D. bugensis*) происходит увеличение количественных показателей зообентоса. Динамика изменений количественных показателей зообентоса во времени зависит от техногенных факторов и последствий биологической инвазии.

Ключевые слова: зообентос, водоем-охладитель, техно-экосистема, таксономическое богатство, численность, биомасса.

Зообентос — одна из богатых экологических групп в водных экосистемах как по таксономическому (видовому) богатству, так и по обилию. К зообентосу относятся беспозвоночные животные, обитающие на дне. Их распределение, структура и функционирование во многом зависят от биотопических условий.

Исследования зообентоса в рамках комплексных гидробиологических исследований водоемов-охладителей (ВО) ТЭС и АЭС Украины проводятся с 1960-х годов [1]. Особенности зообентоса (биотопическая распространенность, таксономическое разнообразие, стабильность группировок) дают возможность широко использовать его в качестве важного объекта для биоиндикации состояния экосистемы. Изучение зообентоса необходимо для разработки современных подходов к созданию комплексного гидробиологического и экологического мониторинга техно-экосистем ТЭС и АЭС. Проведение бентологических исследований в специфических условиях техно-экосистем расширяют знание о биоразнообразии, особенно в условиях усиления инвазийного процесса.

В статье приведены результаты исследований зообентоса разнотипных водных объектов, используемых в системах охлаждения действующих Ровенской (РАЭС), Хмельницкой (ХАЭС), Южно-Украинской (ЮУАЭС), Запорожской (ЗАЭС) атомных станций и Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), которая в настоящее время выведена из эксплуатации, а также Трипольской ТЭС (ТТЭС).

Исследования по всей акватории водоемов-охладителей, в подводящих и отводящих каналах, в условиях водотока — на участках выше и ниже сброса подогретых вод электростанций, показали, что зообентос представлен в основном обычными,

широко распространенными видами. Всего в зообентосе зарегистрировано более 230 таксонов различного таксономического ранга. Наибольшим количеством таксонов характеризовались личинки хирономид (более 50) и олигохеты (более 40). В лотических условиях (р. Стырь, РАЭС) и на участке Каневского водохранилища (ТТЭС) доля олигохет в общем количестве таксонов была несколько ниже, чем в водоемах-охладителях, а доля личинок хирономид — практически одинаковой во всех водных объектах. Во всех водоемах встречалось лишь три таксона беспозвоночных: ювенильные тубифициды, ракушковые раки и личинки хирономид *Leptochironomus tener* (Kieff.) и *Chironomus plumosus* L. Наименьшим количеством таксонов характеризовался зообентос ВО ЮУАЭС и ЗАЭС (соответственно 15 и 11), в остальных водных объектах оно было сходным (73—107).

Для сравнения, зообентос водохранилищ Днепра насчитывает более 360 таксонов [2], а Конинских озер (Польша), которые используются для охлаждения двух ТЭС, — лишь 79 [3].

Важной составляющей зообентоса водоемов-охладителей являются представители понтокаспийского фаунистического комплекса. Эти организмы зарегистрированы на участке Каневского водохранилища, в ВО ЧАЭС и ХАЭС, что связано с их распространением по каскаду днепровских водохранилищ: два вида полихет, два вида дрейссен, ракообразные отрядов кумовых, разноногих и мизид.

Дрейссена — один из представителей этого комплекса, широко распространенных в водоемах-охладителях Украины, — как прикрепляющийся организм поселяется преимущественно на твердых субстратах, но обитает и в биотопах бентали на разных глубинах (нами встречена от уреза воды до 8 м).

Дрейссена (*D. polymorpha* Pall. и *D. bugensis* Andr.) в определенные периоды регистрировалась во всех ВО электростанций Украины. В доаварийный период в ВО ЧАЭС отмечали лишь *D. Polymorpha*, а с 1990 г. появилась *D. bugensis*, занимающая в настоящее время доминирующее положение [4]. В ВО ХАЭС дрейссена отсутствовала на протяжении 15 лет эксплуатации; в 2002—2003 гг. в водоем вселилась *D. polymorpha*, а в 2011—2012 гг. — *D. bugensis*. В ВО ЮУАЭС *D. polymorpha* обитала до середины 1990-х гг., т. е. на первых этапах эксплуатации водоема [5].

На протяжении последних лет процесс расселения видов за пределы исторического ареала (инвазийный процесс) в ВО усилился. Специфический термический режим ВО способствует натурализации в этих водоемах инвазивных видов различного происхождения. В зообентосе ВО ХАЭС и ЧАЭС был найден брюхоногий моллюск *Ferrissia* sp., имеющий, вероятно, североамериканское происхождение, в ВО ЮУАЭС вселился тропический брюхоногий моллюск *Melanoides tuberculata* (Müller) [6].

Характерной особенностью зообентоса в ВО является определенная пространственная мозаичность, которую обуславливают такие факторы, как глубина, конструкция водоема, влияние гидро-

термического и гидродинамического факторов, наличие эдифицирующих форм, значительные колебания количественных показателей во времени.

Показатели обилия зообентоса оказались наименьшими в наиболее техногенно нагруженных ВО ЗАЭС и ЮУАЭС. Близкими и средними по значению показателями численности и биомассы характеризовался зообентос водных объектов района РАЭС и ВО ХАЭС (в период до вселения дрейссены). Значительно более высокими показателями обилия отличались водные объекты Трипольской ТЭС, ХАЭС (после вселения *D. polymorpha*) и ЧАЭС, что связано с доминированием дрейссены (рис. 1). Во всех водных объектах основными группами, которые определяли общую численность, были олигохеты, двустворчатые моллюски, личинки хирономид и ракообразные; общую биомассу определяли моллюски, в основном дрейссена. Исключением служил ВО ЮУАЭС, где по численности доминировали гидры, а по биомассе — личинки хирономид. Биомассу «мягкого» зообентоса практически во всех водных объектах определяли олигохеты и личинки хирономид (*C. plumosus*), зообентос ВО ЧАЭС отличался доминированием ракообразных (59,0 % биомассы «мягкого» зообентоса).

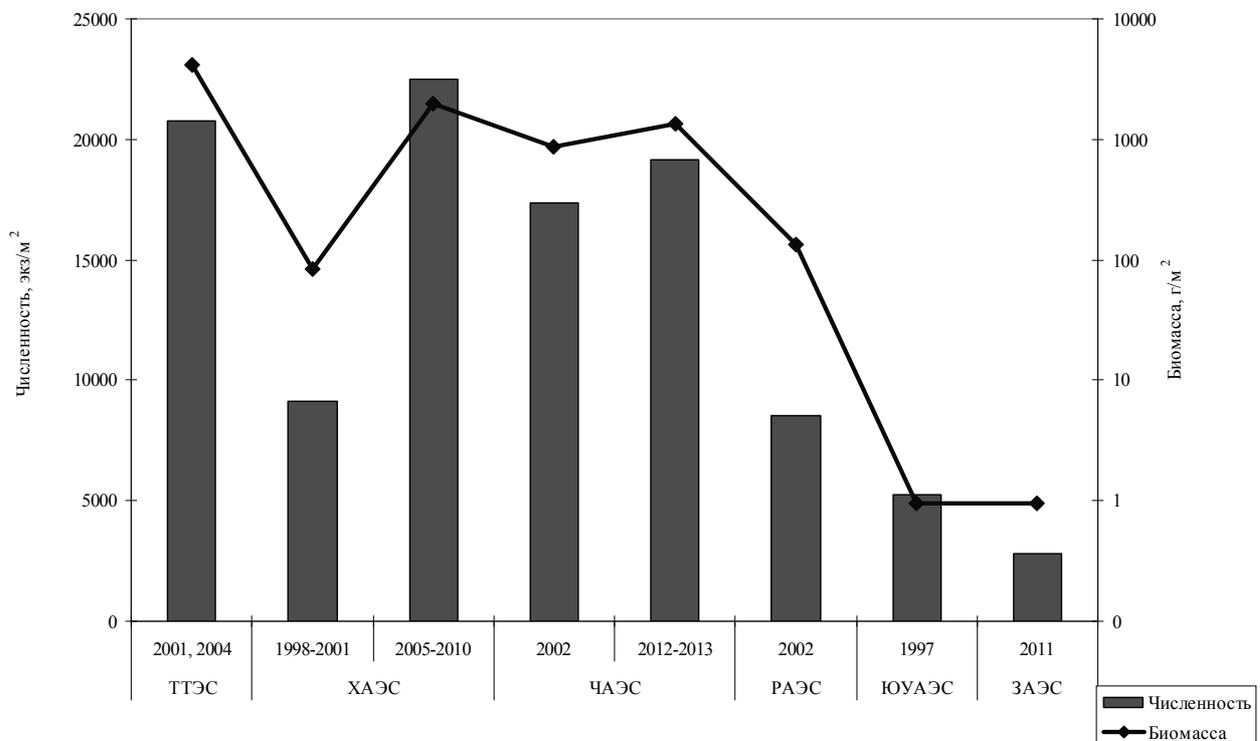


Рис. 1. Показатели обилия зообентоса в исследованных водных объектах в разные годы

Установлено, що в градієнті абиотических факторів (температура, глибина, тип ґрунта) розподілення біотических показателів (кількість таксонів, численність, біомаса) в основному мало куполообразний вид, де оптимум відповідає певним середнім значенням того чи іншого абиотического фактора. Найбільше кількість таксонів відмічено в середній частині досліджуваного температурного діапазону — при температурі 25...27 °С. Чітко виражена негативна лінійна залежність кількості таксонів від глибини зареєстрована тільки в ВО ЧАЕС і ХАЕС. Найбільшим таксономічним багатством характеризувалися піски середньої ступені заилення. В зоні безпосереднього впливу сбросного потоку підогретої води РАЕС кількість таксонів була мінімальною: зареєстровані лише ювенільні тубіфіциди. Таким чином, зниження кількості таксонів визначається як термічним, так і гідродинамічним факторами.

Максимальна численність і біомаса зообентосу зареєстровані при температурі близько 25 °С, на глибинах 3—5 м і на заиєнних пісках. В разі прямого водопостачання електростанції незначительне, але хронічне вплив підвищеної температури сбросної води призводить до певного підвищення обилля зообентосу.

Важку роль в формуванні таксономічного багатства і обилля зообентосу грає такий біотический фактор, як наявність дрейссени. Цей моллюск формує просторово складні поселення, в яких мешкає велика кількість беспозвоночних. В досліджуваних водних об'єктах відмічено зростання кількості таксонів з збільшенням біомаси дрейссени.

Вселення дрейссени в водойми-охладителі і її масове розвиття, в тому числі в донних біотопах, призводить до суттєвих біологічних пошкоджень в роботі обладнання електростанцій. Крім того, фільтраційна активність моллюска впливає на збільшення прозорості і, як наслідок, на збільшення площей дна з високою освітленістю. Цей процес в ВО ХАЕС обумовив масову вегетацію донних нитчатих водоростей. Їх розвиття і наступний дрейф створювали суттєві пошкодження в роботі обертових сіток на блочних насосних станціях (БНС) [7].

Аналіз наявного матеріалу показав, що в техно-екосистемах відсутні «типичні» предсказуємі сукцесійні процеси в бентосній

підсистемі, тому необхідні проведення постійних досліджень і організація гідробіологічного моніторингу. Більшість суттєвих змін в зообентосі техно-екосистем електростанцій України, як видно на прикладі ХАЕС і ЮУАЕС, відбуваються при участі інвазійних видів.

В часовому аспекті можна зробити висновок, що в умовах Каневського водохранилища на ділянці впливу електростанції, де певні технічні рішення (ежекторне пристрій) зменшують вплив додаткової температури, значительні зміни в зообентосі не відбуваються, т. є. можна говорити про певну стабільність бентосної підсистеми. Незначительне і хронічне техногенне вплив в водойми-охладителі значительних змін в зообентосі не викликає, а при сильному і постійному техногенному впливі відбувається деградація донного населення, однак низький рівень розвитку зообентосу може підтримуватися на протязі тривалого проміжку часу. При знятті техногенної навантаження відбувається відновлення бентосної підсистеми, збільшення таксономічного багатства і показателів обилля.

В висновок відзначимо, що таксономічний склад зообентосу водних об'єктів, під впливом ТЭС і АЭС, достатньо багат. Найбільшим кількістю таксонів характеризуються личинки хірономід і олігохети. Найбільше беден зообентос в водоймах-охладителі з найбільшою техногенною навантаженням.

Найбільші значення біотических показателів зареєстровані при температурі близько 25 °С (яка не є характерною для придонних температур природних водойм), на глибинах 3—5 м і на заиєнних пісках.

Наявність двусторчатого моллюска дрейссени, являючоїся потужним біотическим фактором, в водоймах-охладителі призводить до збільшення таксономічного багатства і кількісних показателів зообентосу.

Умеренне хронічне вплив підвищеної температури підогрєтих сбросних вод призводить до зростання кількісних показателів, а значительний постійний підогрєв (як локальний, так і охоплює весь водойм) — до суттєвого зниження показателів обилля зообентосу.

Зміни зообентосу в техно-екосистемах в часі повністю залежать від техногенних факторів, а також наслідків біологічної інвазії.

Список использованной литературы

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / Отв. ред. М. Ф. Поливанная. — К. : Наук. думка, 1991. — 192 с.
2. Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ / Отв. ред. Г. И. Щербак. — К. : Наук. думка, 1989. — 248 с.
3. Composition and functioning of benthic communities / Protasov A. A., Afanasjev S. A., Sinicyna O. O., Zdanowski B. // Arch. Ryb. Pol. — 1994. — Vol. 2, Fasc. 2. — P. 257—284.
4. Модельні групи безхребетних тварин як індикатори радіоактивного забруднення екосистем / П. Г. Балан, Р. В. Векслярський, Ю. Г. Вервес та ін. — К. : Фітосоціоцентр, 2002. — 204 с.
5. Протасов А. А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС / А. А. Протасов, А. А. Силаева. — К. : Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2012. — 274 с.
6. Инвазийные виды водорослей и беспозвоночных в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС / Силаева А. А., Протасов А. А., Ярмошенко Л. П., Бабарига С. П. // Гидробиол. журн. — 2009. — Т. 45, № 6. — С. 13—24.
7. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Под ред. А. А. Протасова. — К. : Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. — 234 с.

Получено 27.11.2013