

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МАКРОСУКЦЕССИИ КОНТУРНОЙ (ЗООПЕРИФИТОН И ЗООБЕНТОС) ПОДСИСТЕМЫ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

А. А. Силаева, А. А. Протасов, Т. И. Степанова

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

Представлены результаты исследований беспозвоночных контурной подсистемы (зообентоса и зооперифитона) водоема-охладителя Чернобыльской АЭС на протяжении пяти этапов техногенной сукцессии в экосистеме. В период перед спуском водоема-охладителя была отмечена относительная стабильность состава группировок беспозвоночных бентоса и перифитона. Снижение уровня воды привело к коренной перестройке контурной подсистемы. Погибла значительная часть поселений дрейссенид, особенно в перифитоне, снизились общие показатели обилия. На данном этапе существует определенная неоднородность таксономического богатства, численности и биомассы гидробионтов как в пространстве, так и во времени.

Ключевые слова: водоем-охладитель, Чернобыльская АЭС, зооперифитон, зообентос, дрейссениды

Гидробиологические исследования водоема-охладителя Чернобыльской АЭС (ВО ЧАЭС) имеют многолетнюю историю [1]. От начала эксплуатации ВО ЧАЭС до настоящего времени можно выделить 5 основных этапов техногенной сукцессии в экосистеме. Целью исследований была характеристика беспозвоночных бентоса и перифитона ВО ЧАЭС, их изменений в многолетнем аспекте. Изучение беспозвоночных бентоса и перифитона на всех этапах проводили в четырех зонах ВО по ходу подогретого циркуляционного потока от АЭС и этапов строительства: СТ – Старая теплая, НТ – Новая теплая, НХ – Новая холодная, СХ – Старая холодная. Отбор проб зообентоса и зооперифитона проводили по стандартным гидробиологическим методикам [2], фиксацию осуществляли 4%-м раствором формальдегида. Рельеф дна ВО неровный с углублениями, около 28% приходилось на глубины более 10 м. Грунты ВО представлены песком, илом и коренными грунтами. Основными биотопами обитания зооперифитона до спуска водоема являлись каменная отсыпка берегов и облицовка откосов каналов и струенаправляющей дамбы.

На первом доаварийном этапе (1978–1986 гг.) при эксплуатации ВО первой и второй очереди основными факторами, определявшими развитие беспозвоночных бентоса и перифитона, были техногенная циркуляция и подогрев. В зообентосе отмечено до 32 таксонов беспозвоночных [1], сходство состава зообентоса холодной и теплой зон было высоким, количественные показатели – низкими: численность 0,49–2,37 тыс. экз./м², биомасса мягкого (без моллюсков) зообентоса 0,30–0,97 г/м². Доминирующими группами являлись олигохеты и личинки хирономид, встречались ракообразные и дрейссена (*Dreissena polymorpha*). Уровень развития зооперифитона в этот период определялся термическим градиентом. В отличие от зообентоса, зооперифитон был богаче: определено более 170 таксонов, численность их составляла 1,6–2173,2 тыс. экз./м², биомасса – 3,8–16 745,0 г/м². Было выделено 22 группировки, в холодной части доминировала *D. polymorpha*, на участках с повышенной температурой – мшанки [3].

Второй этап (послеаварийный, 1986–1990 гг.) характеризовался нестабильным режимом работы ЧАЭС, гидробиологические исследования сократили. Было установлено, что существенных изменений в структуре и показателях обилия дрейссеновых группировок в перифитоне не произошло [4].

Третий этап (1990–2000 гг.) ознаменовался инвазией *Dreissena bugensis*, которая к 2000 г. распространилась по всей акватории водоема и стала доминантом по биомассе во всех зонах ВО [4]. Биомасса дрейссенид на каменной отсыпке в теплой части в этот период оставляла 1,1–2,9 кг/м², в холодной – 4,5–13,3 кг/м². В зообентосе отмечен 61 таксон беспозвоночных; как и ранее доминировали личинки хирономид, олигохеты и ракообразные, численность их составляла 703–4304 экз./м², биомасса мягкого зообентоса – 1,81–8,93 г/м², в донных биотопах по биомассе доминировала *D. bugensis* – 1,6–10,3 кг/м² [4–6]. Для распределения количественных показателей беспозвоночных бентоса и перифитона характерным было их снижение от водозаборного канала к сбросному.

Условия в ВО, в частности термический и гидродинамический режим, на протяжении четвертого этапа (2000–2013 гг.) определялись природными факторами в связи с остановкой станции в 2000 г. В 2002 г. зообентосе было зарегистрировано 93 таксона, в 2013 г. – 89, к 2002 г. количество таксонов увеличилось относительно доаварийного периода, но за последние 10 лет сохранялось на сходном уровне. Таксономическая структура в период 2002–2013 гг. была относительно стабильной, доминирование олигохет и личинок хирономид сохранялось, их доля в общем количестве таксонов составляла в среднем около 30% [7].

Количественные показатели зообентоса в 2012–2013 гг. колебались в значительной мере на разных станциях: численность – от 960 до 57480 экз./м², биомасса – от 0,43 до 9148,52 г/м², биомасса мягкого зообентоса – 0,43–50,37 г/м². В целом численность определяли Dreissenidae, Oligochaeta, Chironomidae и Gammaridae. По биомассе доминировала *D. bugensis* (от 90 до 99%), в мягком зообентосе – Gammaridae, Chironomidae, Corophiidae и Oligochaeta. Распределение количественных показателей зообентоса характеризовалось поясностью, которая могла быть связана с ранее существовавшим подогревом. Наибольшие показатели обилия отмечены на глубине 3 м в зоне холодной зоне, на глубине 5 м – в теплой [8, 9].

В 2002 г. относительно доаварийного периода в перифитоне снизилось видовое богатство олигохет, личинок насекомых и брюхоногих моллюсков, однако увеличилось количество видов мшанок, отмечены Kamptozoa (*Urnatella gracilis*). В период 2012–2013 гг. снижение количества НОТ произошло практически во всех группах. В 2002 г. численность беспозвоночных в среднем составляла 66,4 тыс. экз./м², биомасса – 8,4 кг/м². В 2012–2013 гг. численность зооперифитона на отдельных станциях изменялась в пределах 11,70–190,3 тыс. экз./м², биомасса составляла 1,29–17,78 кг/м². В 2013 г. можно отметить снижение численности и биомассы в старых зонах ВО. Показатели обилия на разных глубинах различались – на большей (2 м) численность была выше в 2 раза, биомасса – в 2,7 раза, чем на глубине 0,5 м. Доминирование дрейссенид в общей биомассе составило от 96% до практически 100% [10, 11]

Пятый период сукцессии начался с момента неконтролируемого спуска ВО в 2014 г. Со снижением уровня воды количество неживых субстратов для развития беспозвоночных зооперифитона значительно сократилось. Основными субстратами для развития зооперифитона в ВО в период спуска являются ветки, остатки деревянных сооружений, металлические конструкции, камни, поверхность раковин живых и отмерших моллюсков-перловиц, стебли тростника и другие субстраты, встречающиеся крайне мозаично и в незначительном количестве. Осушение каменной наброски ВО привело к массовому отмиранию организмов зооперифитона, в основном дрейссенид. По

проведенням оцінок в липні 2013 г. запас зооперифітона в холодній частині становив 1240,5 т, в теплій – 1039,7 т. Запас зообентосу к 2013 г. до глибини 6–7 м становив 17135,7 т. Однак негативних наслідків надходження органічної речовини після отмирання дрейссенид в водоймище в період досліджень 2016–2017 гг. відмічено не було. Значущих змін в таксономічному складі беспозвоночних порівняно з попередніми роками досліджень не зареєстровано – зообентос в цей період нараховував 108, зооперифітон – 70 таксонів при збереженні домінування олигохет і личинок хирономід. Зберігається високе таксономічне багатство різноманітних ракоподібних.

Зообентос характеризувався високою неоднорідністю показувачів обилля на окремих станціях, що може пояснюватися нестабільністю умов проживання. Розвиток зообентосу ділянок вище уривка води був дуже низьким, при зниженні рівня води йде процес отмирання беспозвоночних.

Показувачі обилля зообентосу коливалися в значущих межах: чисельність – 100–112500 экз./м², біомаса – 0,12–10500,09 г/м². По зонах і на різних глибинах види-домінанти за показувачами обилля відрізнялися і не мали певної закономірності розподілу. Біомасу м'якого зообентосу на великих глибинах визначали великі личинки хирономід, на прибережних ділянках – ракоподібні. Рівень розвитку дрейссенових поселень на ділянках літорали в цілому був того ж порядку, що і на протязі попередніх років досліджень.

Показувачі обилля зооперифітона також коливалися в значущих межах: чисельність – 800–618800 экз./м², біомаса – 0,31–32297,02 г/м². Високу чисельність визначали ракоподібні, олигохети і личинки хирономід, біомасу – дрейссениди. Чисельність і біомаса відрізнялися, зокрема в залежності від субстрату. Найбільше таксономічне багатство було відмічено на дерев'яному субстраті, чисельність – на поверхні раковини *Unio tumidus*, біомаса – на дерев'яному субстраті (в основному за рахунок двох видів дрейссенид). Слід відзначити зростання ролі *D. polymorpha* за показувачами обилля зооперифітона. Якщо в кінці III етапу після інвазії *D. bugensis*, частка *D. polymorpha* в біомасі двох видів була всього 9% (2000 г.), а в 2002 г. – 3%, то к лету 2017 г. цей показувач зріс до 19%.

Таким чином, за період існування ВО ЧАЭС з початку його експлуатації групування зообентосу і зооперифітона пройшли п'ять етапів техногенної сукцесії. В період перед спуском ВО була відмічена відносна стабільність складу групувань беспозвоночних бентосу і перифітона. Результати досліджень в період спуску показали, що в контурній підсистемі існує певна неоднорідність таксономічного багатства, чисельності, біомаси гідробіонтів як в просторі, так і в часі (рис. 1).

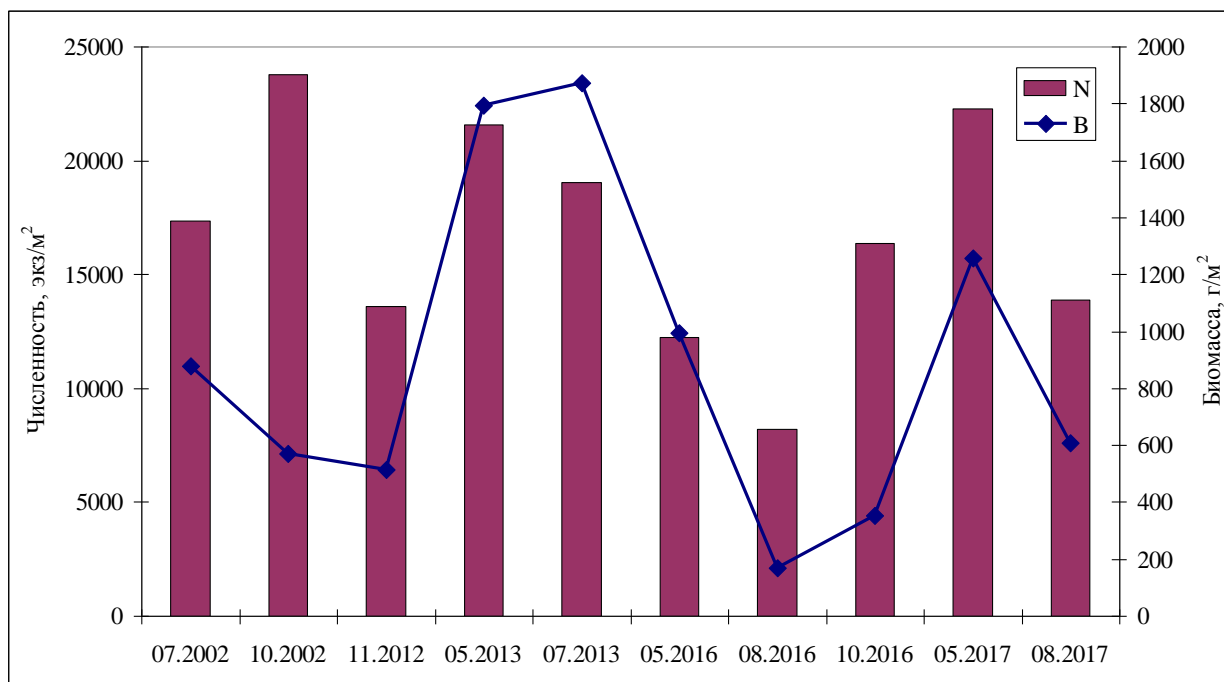


Рис. 1. Изменение численности (N) и биомассы (B) зообентоса в среднем по водоему-охладителю ЧАЭС в разные периоды исследований

На современном этапе зоны водоема четко отмежевываются осушенными участками и постепенно трансформируются в отдельные пойменные водоемы (рис. 2). Полное отделение теплой и холодной зон первой очереди ВО, а также осушение каменной отсыпки, которая была основным биотопом для развития перифитона, произошло уже в 2015 г. С началом пятого этапа погибла значительная часть поселений дрейссенид, но, несмотря на это, резкого повышения трофности водоема не произошло. Дрейссеновые группировки в зообентосе и зооперифитоне сохраняются, хотя и фрагментарные. Однако доминирование в зообентосе таких индикаторных видов, как *Procladius ferrugineus* и *Chironomus plumosus* может свидетельствовать о процессе эвтрофирования в ВО ЧАЭС. Нестабильность условий в ВО, определяющая неоднородность развития беспозвоночных бентоса и перифитона, указывает на необходимость дальнейших мониторинговых исследований.

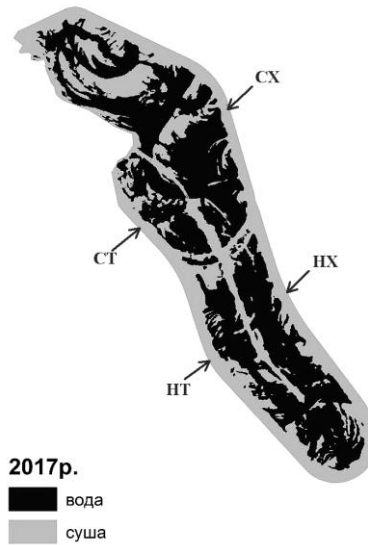


Рис. 2. Соотношение участков суши и воды водоема-охладителя ГСП ЧАЭС, 2017 г.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гидробиология* водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. – Киев: Науова. думка, 1991. – 192 с.
2. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / За ред. В. Д. Романенка. – К.: Логос, 2006. – 408 с.
3. *Протасов А. А., Силаева А. А.* Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС / Институт гидробиологии НАН Украины. – К., 2012. – 274 с.
4. *Модельні групи безхребетних тварин як індикатори радіоактивного забруднення екосистем.* – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 204 с.
5. *Лукашев Д. В.* Современное состояние популяций дрейссенид в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС // *Гидробиол. журн.* – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 40–45.
6. *Лукашев Д. В., Северенчук Н. С.* Изменение структуры макрозообентоса водоема-охладителя Чернобыльской АЭС в условиях уменьшения тепловой нагрузки на экосистему // *Гидробиол. журн.* – 2004. – Т. 40, № 4. – С. 64–72.
7. *Protasov A. A., Silayeva A. A.* Communities of Invertebrates of the Cooling Pond of the Chernobyl NPS. Report 3. Communities of Zoobenthos, Their Composition and Structure. – *Hydrobiol. J.* – 2006. – Vol. 42, N 3. – P. 3–23.
8. *Силаева А., Протасов О.* Довгострокові зміни у контурних угрупованнях водоймища-охолоджувача Чорнобильської АЕС: The scientific proceedings of the international network AgroBioNet «Biodiversity after the Chernobyl accident». Р. II. – Nitra: Slovak University of Agriculture, 2016. – P. 211–214.
9. *Гудков Д. І., Протасов О. О., Щербак В. І., Дьяченко Т. М. та ін.* Санітарно-екологічні критерії // *Техніко-економічне обґрунтування зняття з експлуатації водоймища-охолоджувача Чорнобильської АЕС.* – Т. 1. – К.: Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, 2013. – С. 268–272.
10. *Protasov A. A., Silayeva A. A.* Communities of Invertebrates of the Cooling Pond of the Chernobyl Nuclear Power Station. Report 2. Communities of Zooperiphyton, Their Composition and Structure. – *Hydrobiol. J.* – 2006. – Vol. 42, N 2. – P. 13–30.
11. *Силаева А. А., Протасов А. А.* Характеристика группировок беспозвоночных бентоса и перифитона водоема-охладителя Чернобыльской АЭС перед выводом его из эксплуатации // *Гидробиол. журн.* – 2017. – Т. 53, № 6. – С. 70–86.

ОСНОВНІ ЕТАПИ МАКРОСУКЦЕСІЇ КОНТУРНОЇ (ЗООПЕРИФІТОН І ЗООБЕНТОС) ПІДСИСТЕМИ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

А. А. Силаєва, О. О. Протасов, Т. І. Степанова

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Наведено результати досліджень безхребетних контурної підсистеми (зообентосу і зооперифітону) водоймища-охолоджувача Чорнобильської АЕС впродовж 5 етапів техногенної сукцесії в екосистемі. У період перед спуском водоймища-охолоджувача було відмічено відносну стабільність складу угруповань безхребетних бентосу і перифітону. Зниження рівня води призвело до корінної перебудови контурної підсистеми. Загинула значна частина поселень дрейсенід, особливо у перифітоні, знизилися загальні показники рясності. На даному етапі існує певна неоднорідність таксономічного багатства, чисельності й біомаси гідробіонтів як у просторі, так і у часі.

Ключові слова: водоймище-охолоджувач, Чорнобильська АЕС, зооперифітон, зообентос, дрейсеніди

MAIN STAGES OF MACROSUCCESSION OF THE CONTOUR SUBSYSTEM (ZOOBENTOS AND ZOOPERIPHERYTON) OF THE CHERNOBYL NPP COOLING POND

A. Sylaiieva, A. Protasov, T. Stepanova

Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

The results of research of invertebrates of the contour subsystem (zoobentos and zooperiphyton) of the Chernobyl NPP cooling pond during 5 stages of technogenic succession in ecosystem are presented. During the period before drawdown of the cooling pond a relative stability of benthos and periphyton communities was noted. The decline of water level resulted to radical restructuring of the contour subsystem. Considerable part of Dreissenidae settlements (especially in periphyton) was eliminated, and the overall diversity indices were decreased. Presently there is certain heterogeneity of taxonomic riches, number and biomass of hydrobionts, both in space and in time.

Keywords: cooling pond, Chernobyl NPP, zoobentos, zooperiphyton, Dreissenidae