

УДК 574.633:621.311.25

А.А. СИЛАЕВА, Т.Н. НОВОСЕЛОВА, А.А. ПРОТАСОВ

Институт гидробиологии НАН Украины  
пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ АЭС В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Приведены результаты оценки качества среды в разные периоды функционирования водоема-охладителя Хмельницкой АЭС. В период работы одного энергоблока качество среды по среднему индексу соответствовало категории 3 «достаточно чистые воды» (класс «чистые воды») с тенденцией перехода в категорию 4 «слабо загрязненные воды» (класс «загрязненные воды»). Благодаря массовому развитию дрейссены, несмотря на увеличение техногенной нагрузки, обусловленной введением в эксплуатацию второго энергоблока, на основной акватории водоема-охладителя произошло определенное улучшение качества до категорий «чистые – достаточно чистые воды» (класс «чистые воды»). Начиная с 2008 г. по настоящее время можно констатировать ухудшение качества среды охладителя, хотя значение среднего индекса, как и в 1999 г., отвечает категории 3 с тенденцией перехода в категорию 4.

*Ключевые слова:* качество среды, техно-экосистема, водоем-охладитель

В настоящее время на АЭС Украины проводится постоянный контроль основных гидрохимических и гидрофизических параметров водной среды – температуры, гидрохимических характеристик. Оценка качества среды базируется на сравнении с ПДК для того или иного химического показателя. Одним из подходов к оценке состояния среды в элементах техно-экосистемы АЭС может быть применение эколого-санитарных критериев. Преимущества такого подхода состоят в том, что оценка делается на основании комплексного подхода, включает кроме гидрохимических и биологические показатели. Особый интерес вызывает оценка экологического состояния водоемов в динамике, в условиях изменяющегося воздействия техногенных и биотических факторов.

Целью данной работы было определить экологическое состояние водоема-охладителя АЭС на разных этапах его эксплуатации.

### Материал и методы исследований

Для оценки качества среды и определения классов и категорий качества использована методика [1], разработанная в Институте гидробиологии НАН Украины. Для расчетов использовали данные комплексных исследований водоема-охладителя (ВО) Хмельницкой АЭС (ХАЭС) в период с 1999 по 2014 гг. Время исследований водоема-охладителя разделено на периоды: первый – 1998, 1999, 2001 г. (работа одного энергоблока), второй – 2005-2010 гг. (после введения в эксплуатацию второго энергоблока и вселения *Dreissena polymorpha* Pall.), третий – 2012-2014 гг. (после вселения *D. bugensis* Andr.).

### Результаты исследований и их обсуждение

Во все периоды исследований по акватории ВО качество среды по индексу сапробности, рассчитанному по организмам зообентоса, соответствовало категориям от «умеренно загрязненные» до «очень грязные». По большинству показателей во все года исследований качество среды в отводящем канале было наихудшим, что связано со сбросом в канал вод с очистных сооружений и с промплощадки ХАЭС, а также высокой температурой [2].

В июне 1999 г. (первый период) качество среды в ВО по следующим показателям рН (8,6–9,2), ПО (10,2–12,8 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), биомасса фитопланктона (4,39–17,28 мг/дм<sup>3</sup>), численность бактериопланктона (7,01–13,42 млн. кл/мл) относилось к категориям 5-7 («умеренно загрязненные» – «очень грязные»). Однако по среднему индексу качество среды соответствовало в основном категории 3 с тенденцией перехода в категорию 4.

В 2006 г. условия в ВО в значительной степени изменились, введение 2 энергоблока ХАЭС привело к увеличению техногенной нагрузки. Кроме того, в 2002-2003 гг. в ВО спонтанно вселилась *D. polymorpha*. Появление такого мощного биотического фактора послужило началом процесса контуризации во всей экосистеме [3]. В 2006 г., в период пика развития популяции дрейссены в бентосной и перифитонной подсистеме, благодаря значительному фильтрационному потенциалу моллюска, в охладителе увеличилась прозрачность по сравнению с 1999 г. (в среднем от 1,3 до 2,0 м). Вода всего водоема по этому показателю соответствовала категории 1 («очень чистые воды»). При этом отмечено значительное снижение биомассы фитопланктона – более чем в 10 раз в 2005-2006 гг. относительно средних показателей в первый период. По величине биомассы фитопланктона качество среды в 2006 г. соответствовало категориям 2–3 (класс «чистые», мезотрофные воды). Среди биогенных элементов наихудшее качество среды индицировало содержание аммонийного азота (категории 3–4). Качество среды в отводящем канале наихудшим было по содержанию фосфора фосфатов (категория 6).

По среднему индексу можно констатировать улучшение качества среды в 2006 г. относительно 1999 г., а эколого-санитарное состояние ВО ХАЭС характеризовалось показателями, которые в основном соответствовали категориям 2-3 (табл.).

В 2007 г. в бентосной подсистеме произошло снижение биомассы дрейссены более чем в 2 раза по сравнению с 2006 г. По всем районам ВО качество среды по содержанию аммонийного азота ухудшилось относительно 2006 г. (категории 4, 5). А в среднем по ВО средний индекс был еще более низким, чем в 2006 г., за счет того, что качество среды по большинству показателей соответствовало категориям 1–3.

Таблица

Средний индекс качества среды по районам водоема-охладителя Хмельницкой АЭС в разные годы

Годы	Северный	Западный	Центр	Восточ- ный	Южный	ПК	ОК	В среднем по ВО
1999	3,0	3,1	3,1	2,9	3,0	2,7	<b>5,3</b>	3,33
2006	2,6	2,6	2,5	3,0	2,8	2,7	3,3	2,79
2007	2,6	2,7	2,6	2,4	2,2	2,5	2,6	2,51
2008	3,3	3,2	3,1	–	3,4	–	3,9	3,39
2012	3,5	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	3,2	3,6	2,7	3,6	3,43
2014	3,4	3,4	3,5	3,3	3,4	3,7	3,4	3,43

Примечание. ПК – подводящий канал; ОК – отводящий канал. Жирным выделены значения, соответствующие классу «загрязненные» воды

В 2008 г. биомасса фитопланктона ВО оставалась на низком уровне, однако отмечено значительное обеднение видового состава (до 1-4 вида в пробе). В бентосной подсистеме происходило некоторое восстановление популяции дрейссены (в 1,6 раза относительно 2007 г.). В ВО отмечено высокое значение рН (категории 5, 6), на участке выхода отводящего канала и в южном районе отмечено высокое содержание фосфора фосфатов (категория 5). Содержание соединений фосфора в водоеме определяется не только поступлением со сбросными водами, а также с водами р. Гнилой Рог, впадающей в южный район ВО [2].

По среднему индексу отмечено ухудшение качества среды относительно как 2006–2007 гг., так и 1999 г. (см. таблицу).

В 2012 г., несмотря на вселение *D. bugensis*, вспышки показателей ее обилия в бентосной и перифитонной подсистемах не произошло, напротив, в бентосе происходило снижение биомассы дрейссенид до минимальных значений, отмеченных во второй период. В ВО зарегистрирован очень высокий уровень рН (9,2), что соответствует категории 7 («очень грязные воды»), а также высокое содержание фосфора фосфатов (0,193-0,212 мг P/дм<sup>3</sup>, категории 5, 6). Практически на всех участках ВО наблюдалось ухудшение качества среды по среднему индексу относительно 2008 г.

В 2014 г. отмечено некоторое снижение значений рН (8,4-8,6, категории 5, 6). По количеству фосфора фосфатов почти все исследованные участки соответствовали категории 5. По величине перманганатной окисляемости большая часть акватории ВО характеризовались категорией 5, что говорит о высоком содержании легкодоступного органического вещества. В целом по среднему индексу качество среды ВО ХАЭС в 2014 г. осталось на уровне 2012 г. и соответствовало категории 3 с тенденцией перехода в категорию 4.

### Выводы

Таким образом, за длительный период функционирования ВО ХАЭС были отмечены периоды изменений качества среды, которые отражают характер внутриводоемных процессов. Массовое развитие дрейссены в 2006 г. опосредовано определило улучшение качества среды на основной акватории ВО. Высокая фильтрационная активность моллюсков способствовала катастрофическому снижению уровня развития фитопланктона. Возрастание прозрачности воды в ВО, обусловленное фильтрационной активностью дрейссены, привело к массовому развитию донных и перифитонных нитчатых макроводорослей, что является одним из проявлений контуризации (в 2009 г. в южном районе в бентосе их масса достигала 8,3 кг/м<sup>2</sup>). Кроме того, важнейшим фактором, определяющим интенсивное развитие макроводорослей, является и перераспределение потоков биогенных веществ из пелагической в донную подсистему. На изменение качества среды влияли и техногенные факторы, в частности значительные объемы сбрасываемых вод с очистных сооружений. Так, в ВО с 2007 г. было отмечено устойчивое возрастание содержания фосфора фосфатов [2]. При этом экскреция биогенных элементов дрейссеной была сопоставима с показателями внешней нагрузки на водоем [3].

Начиная с 2008 г. в водоеме-охладителе ХАЭС происходило ухудшение качества среды до показателей первого периода, а с 2012 г. – эта тенденция усилилась (значения среднего индекса соответствует категории 3 («достаточно чистые воды», класс «чистые воды») с тенденцией перехода в категорию 4 («слабо загрязненные воды», класс «загрязненные воды»). Полученные данные свидетельствуют, что в техногенных водоемах качество среды определяют как техногенные, так и биотические факторы.

*Работа поддержана МОН Украины, проект М197-2015.*

1. *Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями* / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк [та ін.]. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
2. *Техно-екосистема* АЭС. Гидробиология, биотические факторы, экологические оценки / [А. А. Протасов, В. П. Семенченко, А. А. Силаева и др.]; под ред. А. А. Протасова. – К.: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. – 234 с.
3. **Protasov A. A.** Contourization and Its Features in Technoecosystems / A. A. Protasov, A. A. Sylaieva. – *Inland Water Biology*. – 2014. – Vol. 7, № 2. – P. 101–107.

*А.А. Силаева, Т.М. Новосьолова, О.О. Протасов*

*Институт гидробиологии НАН Украины, Київ*

### ОЦІНКА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА АЕС В УМОВАХ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ТА БІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ

Наведено результати оцінки якості середовища в різні періоди функціонування водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС. В період роботи одного енергоблоку якість середовища за середнім індексом відповідала категорії 3 «достатньо чисті води» (клас «чисті води») з тенденцією переходу в категорію 4 «слабко забруднені води» (клас «забруднені води»). Завдяки масовому розвитку дрейссени, не дивлячись на збільшення техногенного навантаження, обумовленого введенням в експлуатацію другого енергоблоку, відбулося певне поліпшення якості на основній акваторії водойми-охолоджувача до категорій «чисті – достатньо чисті води» (клас «чисті води»). Починаючи з 2008 р. по теперішній час можна констатувати погіршення якості середовища охолоджувача, хоча значення середнього індексу, як і в 1999 р. відповідає категорії 3 з тенденцією переходу в категорію 4.

*Ключові слова: якість середовища, техно-екосистема, водойма-охолоджувач*

A.A. Sylaieva, T.M. Novosolova, O.O. Protasov

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

#### ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL QUALITY OF NPP COOLING POND UNDER THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC AND BIOTIC FACTORS

The results of the assessment of the environment quality in different periods of operation of the Khmel'nitsky NPP cooling pond were adduced. During the period of one unit operation the environment quality with medium index complied with the category 3 «rather clean water» (class «clean water») with a tendency to move category 4 «poor contaminated water» (class «contaminated water»). Due to massive growth of *Dreissena*, despite the increasing technogenic impact caused by the putting into operation of the second unit, some improvement in the environment quality to the categories of «clean – rather clean water» (class «clean water») happened on the main water area of cooling pond. The deterioration of the environment quality can be stated since 2008 to the present, although the value of the average index, as in 1999 correspond to category 3 with a tendency to move category 4.

Keywords: environmental quality, techno-ecosystem, cooling pond

УДК [581.526.3:621.311.25]

А.А. СИЛАЕВА, А.Л. САВИЦКИЙ

Институт гидробиологии НАН Украины

пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

#### ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ ТЕХНО-ЭКОСИСТЕМЫ ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС

---

Проанализировано современное состояние группировок высших водных растений техно-экосистемы Хмельницкой АЭС. Определены видовой состав и биомасса доминирующих видов растений водоема-охладителя и участка фонового водного объекта – р. Гнилой Рог. Значительных изменений в видовом составе, пространственном распределении и количественном развитии за последние годы не обнаружено. Массовое развитие некоторых видов-вселенцев, наблюдаемое в охладителе, может вызывать биопомехи в работе АЭС.

*Ключевые слова:* высшие водные растения, гелофиты, гидрофиты, водоем-охладитель, техно-экосистема

Высшие водные растения (ВВР) являются важнейшим компонентом гидроэкосистем и выполняют ряд важных экологических функций. В значительной степени заросли высших водных растений защищают берега от эрозии и выветривания. Умеренное зарастание водоема ВВР (до 20% площади поверхности) благоприятно сказывается на развитии прибрежной флоры и фауны. С другой стороны, усиление процесса зарастания может приводить к эвтрофированию из-за разложения значительного количества растительной массы. Потери воды через транспирацию растений в 4-5 раз превосходят потери на испарение с аналогичной свободной поверхности, что может быть важным фактором для таких технических водоемов, как водоемы-охладители энергетических станций [5]. Процесс зарастания естественных водоемов может длиться достаточно долго, зарастание технических водоемов происходит намного быстрее [7].

В условиях эксплуатации технических водоемов развитие ВВР, с одной стороны, имеет положительный эффект, поскольку они играют роль «биофильтра», с другой – их чрезмерное развитие является причиной уменьшения полезной площади, увеличения потерь воды на испарение, т.е. ухудшения технических параметров водоема. Постоянно изменяющиеся условия в технических водоемах могут приводить к изменениям видового состава ВВР и их количественных показателей. Специфические условия в охладителях способствуют