

УДК 582.26/27:574.65(621.311.22)(621.311.25)

*Т. Н. Новоселова**Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев***ОСОБЕННОСТИ ГРУППИРОВОК ФИТОПЛАНКТОНА В ТЕХНО-ЭКОСИСТЕМАХ АТОМНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Рассмотрены особенности формирования видового состава и количественных показателей фитопланктона в водоемах-охладителях АЭС и ТЭС, в частности в водоемах Запорожской и Хмельницкой АЭС. Указаны возбудители «цветения» воды, зарегистрированные в фитопланктоне водоемов-охладителей Запорожской и Хмельницкой АЭС.

Ключевые слова: фитопланктон, техно-экосистема, водоем-охладитель, АЭС, ТЭС.

В Украине ведущая роль в производстве электроэнергии (около 50 %) принадлежит атомным электростанциям (АЭС) [1]. Технология производства электрической энергии на АЭС и ТЭС предусматривает использование больших объемов воды для охлаждения, источником которой могут служить как естественные водоемы, так и специально построенные водоемы-охладители (ВО), с аккумуляцией воды рек или заполненные дополнительной водой.

Водоемы-охладители включены в сложную техно-экосистему — комплекс многих взаимосвязанных между собой биотических, абиотических и техногенных элементов [2].

Процессы, происходящие в техно-экосистемах, важны как с точки зрения возможного или реального воздействия электростанций на окружающую среду, так и обратного воздействия различных биологических факторов на работу оборудования и технологические процессы. Одним из важнейших элементов техно-экосистем, в том числе водоемов-охладителей ТЭС и АЭС, является пелагическая подсистема и важный её элемент — фитопланктон.

На территории Украины находятся три функционирующие атомные электростанции, в системах охлаждения которых используются водоемы-охладители. Комплексные гидробиологические исследования на водоемах-охладителях Запорожской (сентябрь-октябрь 2011 г.) и Хмельницкой (август-сентябрь 2012 г.) АЭС были проведены специалистами Института гидробиологии НАН Украины.

Водоем-охладитель Запорожской АЭС (ЗАЭС) — один из наиболее техногенно нагруженных в Украине. Он входит в техно-экосистему самой крупной в Европе АЭС (мощность 6000 МВт). Его объем составляет 47,0 млн. м³, площадь водного зеркала — 8,2 км². Подпитка ВО производится за счет части сбросных циркуляционных вод Запорожской ТЭС. ВО эксплуатируется в режиме практически постоянной продувки (9 мес.) с водосбросом в Каховское водохранилище.

Водоем-охладитель Хмельницкой АЭС (ХАЭС) представляет собой водохранилище на р. Гнилой Рог, весь сток которой полностью аккумулируется ВО. По проектным данным площадь зеркала водоема-охладителя составляет около 20 км², объем — 120 млн. м³. Для пополнения ВО предусмотрен забор воды из р. Горынь, однако объем этой подпитки составляет небольшую часть водного баланса.

Флористический состав фитопланктона во всех подогреваемых водоемах представлен в основном довольно обычными, широко распространенными пресноводными планктонными эвритермными видами и очень сходен с таковым в водоемах с естественным температурным режимом [3].

Основу видового богатства фитопланктона водоемов-охладителей ЗАЭС и ХАЭС формировали зеленые, диатомовые и синезеленые водоросли (цианопрокариоты), однако доля синезеленых во флористическом спектре фитопланктона ЗАЭС была несколько выше, чем диатомовых (20,0 и 16,4 % общего количества видов, соответственно). Количество обнаруженных таксонов водорослей находилось на сходном уровне: 56 — в ВО ЗАЭС и 61 — в ВО ХАЭС.

Отмечено, что подогрев воды в целом способствует повышению видового богатства фитопланктона [3]. Однако были зарегистрированы и случаи его снижения. Например, на Литовской и Новочеркасской ГРЭС отмечалось уменьшение видового богатства водорослей планктона в зонах подогретой воды [4, 5]. В то же время на Хмельницкой и Запорожской АЭС термический фактор не являлся определяющим в формировании и распределении по акватории таксономического состава фитопланктона.

В водоеме-охладителе ХАЭС в разные периоды исследования в отводящем канале по сравнению с подводящим регистрировалось как меньшее, так и большее количество видов, а в ВО ЗАЭС оно было практически одинаковым. Более существенное значение в пространственном распределении фитопланктона имеет формирование гидродинамических условий при ветровом воздействии.

В целом распределение фитопланктона по акватории подогреваемых водохранилищ можно считать довольно равномерным. Изменение количества видов водорослей по участкам, несмотря на значительные различия в их температурном режиме, как правило, небольшое (в пределах $\pm 2...18\%$ по отношению к зоне с наименьшей температурой воды) [3]. Обусловлено это усиленным перемешиванием в результате постоянного расхода охлаждающей воды. При этом на фоне незначительных изменений в составе фитопланктона по участкам водохранилищ наблюдается более или менее выраженная тенденция к увеличению видового богатства и биомассы фитопланктона в зоне сброса подогретых вод в зимне-весенний период и к снижению — в летний [3].

В большинстве случаев количественные показатели фитопланктона в подогреваемых водоемах колеблются в тех же пределах, что и в водоемах с естественным температурным режимом. Вместе с тем, в условиях оборотной системы охлаждения постоянный подогрев приводит обычно к определенным изменениям уровня и динамики количественного развития фитопланктона в зонах подогрева по сравнению с участками акваторий.

Численность фитопланктона в техно-экосистеме (в собственно водоеме-охладителе и каналах) ЗАЭС составляла от 10,6 до 43,1 млн. кл/дм³. Наиболее обильной группой на всей исследованной акватории были синезеленые водоросли (41,6—88,2 % общей численности), в состав доминирующего комплекса входили *Aphanizomenon flos.-aquae* (L.) Ralfs., *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenkin, *Merismopedia elegans* A. Braun, *Oscillatoria* sp. Значения биомассы в исследуемый период колебались в диапазоне 2,8—8,9 мг/дм³. Ведущая роль принадлежала диатомовым (36,8—74,6 % общей биомассы) и зеленым (11,5—54,3 %) водорослям. Исключение составляли канал подпитки и сбросной канал, где к доминирующему комплексу присоединялись синезеленые (*M. aeruginosa* и *Aph. flos.-aquae*). Преобладали по биомассе, как и по численности, из диатомовых — *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Sim., *Stephanodiscus hantzshii* Grunow, *Synedra acus* Kütz.; из зеленых — вольвоксовые *Phacotus coccifer* Korsch. и хлорококковые — *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew.

Количественные показатели фитопланктона водоема-охладителя ХАЭС по численности составляли 4,15...15,86 млн. кл/дм³, по биомассе — 0,74...9,07 мг/дм³. В состав доминирующего комплекса по численности входили синезеленые *Microcystis pulvereae* f. *incerta* (Lemmerm.) Elenkin, *M. aeruginosa*, по биомассе — криптофитовые *Cryptomonas* sp. и динофитовые — *Ceratium Hirundinella* (O. Müll.) Schrank.

Постоянный подогрев воды оказывает на количественное развитие фитопланктона как стимулирующее влияние [6], так и угнетающее [7]. В водоеме-охладителе ХАЭС численность фитопланктона в отводящем канале была в 2, а биомасса — в 2,5 раза ниже, чем в подводящем. В водоеме-охладителе ЗАЭС количество фитопланктона в этих двух зонах находилось приблизительно на одном уровне.

Водоемы-охладители имеют техническое назначение и используются для охлаждения теплообменного оборудования электростанций. Нормальная работа систем циркуляционного и технического водоснабжения ТЭС и АЭС возможна только при поддержании тех характеристик водоема, которые предусмотрены проектными параметрами, а они могут изменяться вследствие биологических процессов. В частности, при массовом развитии синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, возрастает содержание растворенного и взвешенного органического вещества в воде, что вызывает загрязнение теплообменных аппаратов органическими отложениями, инициирует образование на теплообменных поверхностях биопленки. Кроме того, скопление на поверхности воды планктонных водорослей при «цветении» приводит к снижению теплоотдачи в атмосферу.

Массовое развитие синезеленых, вызывающих «цветение» воды, в подогреваемых водоемах, как и в естественных, происходит обычно в летний и ранне-осенний периоды. В фитопланктоне водоемов-охладителей ЗАЭС и ХАЭС были зарегистрированы такие возбудители «цветения», как *Aph. flos.-aquae*, *M. aeruginosa*. Несмотря на то что их вклад в формирование показателей общей биомассы был достаточно высок, в исследуемый период обилие этих водорослей не достигало критических значений, характерных для «цветения» воды.

Следует обратить внимание на несвойственное для водоемов Украины интенсивное развитие в условиях сильного подогрева представителей тропической и субтропической флоры. В июле 1995 г. в планктоне водоема-охладителя ЗАЭС был зарегистрирован факт массового развития *Anabaenopsis raciborskii* (Wolosz.) Y. Miller. Биомасса этих водорослей здесь достигала 39,9 мг/дм³, что соответствует уровню «цветения» воды IV степени. Основу биомассы формировали и имели 100 % частоту встречаемости по водоему *A. Raciborskii* и *Oscillatoria agardhii* Gom [8].

Фитопланктон может оказывать как положительное (фотосинтетическая аэрация водных масс, кормовая база для беспозвоночных и рыб), так и отрицательное (биопомехи) влияние на санитарно-экологическое состояние водоема-охладителя и работу технических систем электростанций.

Значительное ослабление или усиление фотосинтеза, особенно в условиях подогрева, может приводить к изменениям кислородного режима. Кроме того, в результате жизнедеятельности фитопланктона резко снижается содержание двуокси углерода в воде (в дневное время), что способствует распаду бикарбонатов и образованию накипи на внутренних поверхностях трубок конденсаторов. При разложении водорослей образуются фенолы. Интенсивное развитие фитопланктона усиливает

образование как карбонатных, так и органических отложений в трубках конденсаторов, что приводит к снижению мощности электростанций.

Фитопланктон, наряду с другими экологическими группировками гидробионтов, играет важную роль в техно-экосистемах энергетических станций. Показатели его состава, обилия должны быть включены в число первостепенных гидробиологических показателей при организации экологического и гидробиологического мониторинга.

Список использованной литературы

1. Гідроекологічна безпека атомної енергетики в Україні / В. Д. Романенко, М. І. Кузьменко, С. О. Афанасьєв та ін. // Вісн. НАН України. — 2012. — № 6. — С. 41—51.
2. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические 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. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / А. А. Протасов, О. А. Сергеева, С. И. Кошелева [и др.]. — К. : Наук. думка, 1991. — 192 с.
4. Теплоэнергетика и окружающая среда. Гидротермический и гидрохимический режим водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС / Под ред. А. Жукаускаса. — Т. 1. — Вильнюс : “Мокслас”, 1981. — 163 с.
5. Гуртовая А. П. Гидрохимический режим и альгофлора сбросного канала Новочеркасской ГРЭС / А. П. Гуртовая, Л. М. Саянина, З. С. Морковник // Антропогенное эвтрофирование природных вод. — Т. 1. Черноголовка. — 1977. — С. 117—119.
6. Пидгайко М. А. Итоги изучения гидробиологического режима пресных водоемов-охладителей ТЭС Украины / М. А. Пидгайко, В. Г. Гринь // Гидробиол. журн. — 1970. — Т. 6, № 2. — С. 36—44.
7. Теплоэнергетика и окружающая среда. Влияние термического режима водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС на его гидробионты / Под ред. К. Янкиявичюса. — Т. 2. — Вильнюс : “Мокслас”, 1981. — 167 с.
8. Структура и функциональные характеристики пелагических и контурных группировок гидробионтов в водоеме-охладителе Запорожской АЭС / Р. А. Калиниченко, О. А. Сергеева, А. А. Протасов, О. О. Сеницына // Гидробиол. журн. — 1998. — Т. 32, № 1. — С. 15—25.

Получено 19.11.2013