

**ТЕХНО-ЭКОСИСТЕМА ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС КАК
ПОЛИГОН УГЛУБЛЕННЫХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Рец. на кн.: Техно-экосистема АЭС. Гидробиология,
абиотические факторы, экологические оценки / Под ред.
А. А. Протасова. — Киев: Ин-т гидробиологии НАН
Украины, 2011. — 234 с.**

Атомные электростанции — яркий пример техно-экосистем, важнейшим элементом которых являются водные экосистемы. Работа атомных электростанций связана с использованием больших объемов воды. Неизбежным следствием этого является, с одной стороны, техногенное воздействие на водные экосистемы — источник водоснабжения АЭС, а с другой — влияние организмов-гидробионтов на функционирование технологического оборудования электростанций. Обе проблемы взаимосвязаны, весьма серьезны и требуют глубокого научного исследования.

Рецензируемая коллективная монография может рассматриваться как удачная попытка такого анализа. Исследования водоемов-охладителей в Институте гидробиологии НАН Украины имеют глубокие корни и традиции. Они были начаты еще в 60-е годы прошлого века и завоевали широкое признание во всем мире. Авторы монографии продолжают и развивают эти исследования.

В представляемой вниманию читателей книге обобщены результаты многолетних комплексных исследований на водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС (ХАЭС). От других работ подобной направленности монографию отличает то, что все исследования, выполненные на ХАЭС, объединены современными представлениями о структурной и функциональной организации водных экосистем и, что особенно важно, концепцией функционирования техно-экосистемы как единого целого. В рамках этой концепции технические и природные блоки связаны между собой прямыми и обратными связями. При этом представление о водоеме-охладителе, как природном объекте, подверженном мощному техногенному воздействию, неизбежно дополняется представлением об обратном влиянии трансформированной в результате воздействия АЭС биоты на технические объекты станции. Важным следствием использования этой концепции является возможность разработки подходов к управлению функционированием техно-экологического комплекса с целью смягчения отрицательного воздействия на природные объекты и одновременного повышения эффективности и безопасности работы АЭС.

Гидробиологические исследования на ХАЭС были начаты в 1998 г. и охватывают два периода (1998—2001 и 2005—2010 гг.). Эти периоды заметно различаются по степени теплового, химического и биологического воздей-

© Остапеня А. П., 2012

ствия на водоем-охладитель, поскольку в начале исследований работал один энергоблок станции, а после 2004 г. был запущен второй. Примерно в это же время в водоем-охладитель вселился мощный фильтратор — дрейссена (*Dreissena polymorpha* Pall.). Это дало возможность проследить последствия влияния различных нагрузок на физико-химические процессы и жизнедеятельность биологических сообществ в водоеме-охладителе.

В монографии представлен значительный объем материалов по температурному и гидрохимическому режиму, гидродинамике водоема-охладителя и особенностям структуры и функционирования всех основных групп автотрофных и гетеротрофных организмов в специфических условиях водоема-охладителя.

Монография хорошо структурирована. Накопленные в результате выполненных исследований материалы изложены в пяти главах: 1. Физико-географическая характеристика района Хмельницкой АЭС; 2. Система охлаждения и технического водоснабжения ХАЭС; 3. Абиотические характеристики и условия обитания гидробионтов в водоеме-охладителе; 4. Гидробиологический режим водоема-охладителя Хмельницкой АЭС; 5. Методологические аспекты оценки взаимодействий в техно-экосистеме АЭС.

Объем рецензии не позволяет подробно рассмотреть все разделы и все вопросы, поднятые в монографии, поэтому кратко остановимся лишь на некоторых.

Первые три главы в совокупности дают достаточно полное представление о конструктивных особенностях водного комплекса ХАЭС, а также физико-химических особенностях среды обитания биоты водоема-охладителя.

В четвертой главе рассматриваются результаты комплексных гидробиологических исследований. Это наиболее объемный раздел монографии. О широте гидробиологических исследований говорит перечень отдельных разделов этой главы: бактериопланктон, фитопланктон, зоопланктон, донные группировки, перифитон, некоторые характеристики популяции дрейссены, высшая водная растительность, ихтиофауна и биомелиорация водоема-охладителя, гидропаразитологическая ситуация в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС.

Много внимания уделено анализу таксономического состава гидробионтов. Особо следует подчеркнуть, что при описании таксономического богатства использовано понятие НОТ — низший определяемый таксон. Исходя из количества НОТ, оценивали таксономическое разнообразие водных организмов. Всего в фитопланктоне водоема-охладителя ХАЭС было обнаружено 277 видов, представленных 296 внутривидовыми таксонами. В первый период исследований, при эксплуатации одного энергоблока, фитопланктон характеризовался высоким видовым богатством и большим обилием, которые на втором этапе в период эксплуатации двух энергоблоков существенно снизились. Это снижение, по мнению авторов, может быть связано как с усилением техногенной нагрузки на водоем, так и с большой фильтрационной активностью вселившегося в это время в водоем-охладитель моллюска дрейссены.

В результате исследования сообществ зоопланктона в водоеме-охладителе зарегистрировано 115 низших определяемых таксонов (НОТ). При этом в первый период, когда работал один энергоблок (1998—2001 гг.), было обнаружено 53 НОТ, тогда как при функционировании двух энергоблоков АЭС (2005—2010 гг.) в составе зоопланктона было зарегистрировано 110 НОТ. Столь существенные различия таксономического богатства зоопланктона авторы объясняют тем, что во второй период было отобрано большее количество материала, а также изменениями условий обитания гидробионтов. Не исключено, что снижение богатства фитопланктона могло быть и следствием увеличения многообразия зоопланктона — основного его потребителя.

Большой интерес представляют оценки функциональной активности зоопланктона и других сообществ гидробионтов, играющей важную роль в процессах формирования качества воды водоема-охладителя и снижении биологических помех в системах водоснабжения АЭС. Организмы зоопланктона, особенно крупные ветвистоусые, существенно влияют на процессы осветления воды. Расчеты показывают, что зоопланктон при высокой биомассе профильтровывает за сутки объем воды, сопоставимый с объемом водоема-охладителя.

Значительное внимание авторы монографии уделили исследованию донных сообществ. Особо следует отметить, что при выполнении этих исследований, наряду со стандартными гидробиологическими методами, основанными на дночерпательном отборе проб, широко использовалось легководлазное снаряжение. Это позволило получить уникальные данные об особенностях пространственного распределения и структурной организации донных сообществ.

Зообентос водоема-охладителя ХАЭС по сравнению с водоемами-охладителями других АЭС является одним из наиболее богатых в таксономическом отношении. В первый период исследований (при работе одного блока АЭС), общее таксономическое богатство зообентоса составляло 87 НОТ. После ввода в эксплуатацию второго энергоблока и после вселения дрейссены общий список беспозвоночных зообентоса существенно не изменился и насчитывал 106 НОТ.

Во второй период исследований количественные показатели зообентоса значительно выросли: численность — в 3 раза, биомасса — почти в 10 раз. Особо следует отметить, что численность увеличилась за счет всех групп беспозвоночных. Таким образом, увеличение техногенной нагрузки и вселение дрейссены не только не подавляли, а наоборот, в определенной степени стимулировали развитие бентоса.

Большой интерес представляют материалы, характеризующие структуру, распределение и динамику развития перифитона как одной из основных помехообразующих биологических структур. Убедительно показано, что в формировании сообщества перифитона важнейшую роль сыграла дрейссена, которая стала абсолютным доминантом в этом сообществе. После вселения дрейссены биомасса перифитона не только резко возросла, но и зоны его максимального развития сместились на большие глубины. На основании исследования фенотипической изменчивости в популяции дрейссены сделан важный вывод о том, что в условиях водоема-охладителя ХАЭС у этой

группы организмов протекают процессы дифференциации внутривидовых групп, повышение видового разнообразия, что может привести к повышению устойчивости популяции к различным, в том числе и техногенным, воздействиям.

С точки зрения возможных механизмов борьбы с биопомехами представляет интерес выявленное в некоторых биотопах явление негативного влияния нитчатых водорослей на дрейссену.

Раздел монографии, посвященный анализу ихтиофауны, содержит ряд ценных для практики рекомендаций по использованию метода биомелиорации для компенсации вредных техногенных воздействий на экосистему водоема-охладителя и борьбы с биопомехами. В частности, рекомендуется ввести запрет на промысловый лов плотвы и поддерживать ее высокую численность и ихтиомассу, поскольку в условиях ХАЭС плотва является весьма эффективным потребителем молоди дрейссены.

Полученные материалы показывают, что увеличение техногенной нагрузки, которое происходило одновременно с биологической инвазией, вызвало разнонаправленные изменения в экосистеме. Таким образом, это подчеркивает необходимость и важность исследований в рамках концепции функционирования техно-экосистемы.

Последняя глава посвящена методологическим аспектам оценки взаимодействий в техно-экосистеме АЭС. В ней рассмотрены возможные пути решения некоторых проблем, связанных с расшифровкой механизмов и оценкой результатов взаимодействия технической и биологической составляющих техно-экосистемы, а также принципы организации гидробиологического мониторинга.

На примере выполненных исследований авторы монографии рассматривают возможность использования экспертных оценок взаимодействий между отдельными элементами техно-экосистемы с целью выявления негативных и позитивных факторов, определяющих эти взаимодействия. Показано, что экспертные оценки дают возможность выявить наиболее значимые факторы воздействия и оценить результирующую их воздействия. Так, например, для техно-экосистем АЭС наиболее существенным фактором оказывается температура, а интегральная экспертная оценка термического воздействия показывает, что негативных эффектов больше, чем позитивных.

Многие как позитивные, так и негативные проявления воздействия различных факторов реализуются через биологический блок экосистемы, который может оказывать влияние на надежность и эффективность работы оборудования АЭС. С учетом этого методология экспертных оценок может быть использована для оценки обратных связей, то есть риска влияния биологических факторов на технические системы.

Особый раздел главы посвящен обзору методов и подходов биоиндикации, а также анализу возможности их использования для оценки воздействия АЭС на водные экосистемы. Обсуждаются такие вопросы, как методы отбора проб, выбор биотических индексов, набор метрик и др. Методы биоиндикации в настоящее время активно разрабатываются в ряде стран и

предлагаются к широкому использованию при оценке экологического состояния речных и, в меньшей степени, озерных экосистем. Однако в специфических условиях водоемов-охладителей они не всегда могут применяться. Авторы приходят к выводу, что требуется разработка специальных или адаптация существующих методов оценки экологического состояния водных объектов, используемых в качестве охладителей.

Одним из наиболее удачных следует признать раздел, посвященный биологическим помехам в техно-экосистемах. В основу раздела положен постулат о том, что необходимым шагом в понимании роли в функционировании водных экосистем тех организмов, которые при определенных условиях могут стать биопомехами, и в разработке мер борьбы с ними должна стать подробная эколого-техногенная систематизация биопомех. Автором раздела — А. А. Протасовым разработана и проанализирована детальная система типизации биопомех по их характеру, локализации, происхождению, долговременности, периодичности и другим характеристикам. Важным звеном анализа является оценка предпосылок возникновения биопомех, которые могут быть подразделены на природные и технические. И те, и другие должны специально учитываться уже на стадии проектирования АЭС, и здесь существенно возрастает роль взаимодействия между гидробиологами и проектировщиками. В целом, в монографии четко прослеживается мысль о важности фундаментальных исследований даже при решении сугубо прикладных задач.

Последний раздел этой главы касается организации гидробиологического мониторинга, основанного на концепции техно-экосистемы. Подчеркивается, что гидробиологический мониторинг не может быть только биологическим. Он обязательно должен включать в себя и контроль за условиями среды обитания гидробионтов: гидрохимическими, гидрофизическими и чисто техническими характеристиками техно-экосистемы. Гидробиологический мониторинг должен решать двойную задачу: получение информации об экологическом состоянии водоемов, входящих в техно-экосистему АЭС, и возможных изменениях в них под влиянием природных и техногенных факторов, а также информации о возможных или реальных биологических помехах в системах, обеспечивающих функционирование АЭС

В целом монография «Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки» представляет большой интерес и, несомненно, найдет заинтересованных читателей среди гидробиологов и работников атомных и тепловых электростанций, а сама концепция техно-экосистемы должна превратиться в мощный инструмент в руках всех специалистов, связанных с исследованием водных экосистем, эксплуатацией и проектированием различных гидросооружений, энергетических станций.

А. П. Остапеня

Поступила 14.02.12