

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В БИОИНДИКАЦИИ ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ АЭС

Е. Н. Животова

Воронежский государственный университет

Изучена динамика структурных показателей зоопланктоценозов водоема-охладителя Нововоронежской АЭС в условиях воздействия теплового загрязнения. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с данными по водоемам-охладителям других АЭС и ТЭС. Выделены группы водоемов по уровню тепловой нагрузки и структуре зоопланктона.

Эксплуатация тепловых и атомных электростанций оказывает комплексное влияние на водные объекты, используемые в системах охлаждения их агрегатов. Ведущую роль по масштабам и интенсивности воздействия на экосистемы водоемов-охладителей играет тепловое загрязнение или термофикация.

Установление интервала критических температур для отдельных видов организмов и уровня допустимой тепловой нагрузки на водоем в целом представляет собой довольно сложную задачу, поскольку каждый вид организмов характеризуется индивидуальной терморезистентностью и термопреферендумом, а также различными возможностями к акклимации. Каждый водоем-охладитель индивидуален по своим гидрологическим, гидрохимическим и климатическим параметрам.

Существующая в настоящее время система нормирования тепловой нагрузки на водоемы, принятая как в нашей стране, так и за рубежом, основана на использовании относительного показателя — увеличении температуры воды в сравнении с фоновой. Так, в России сброс подогретых вод в природные водоемы разрешается, если в районе площадью 0,5 км кв., примыкающем к месту сброса, температура воды не повысится более, чем на 3 °С в летний период (по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого за последние 10 лет) и 5 °С в зимний период [1]. В литературе [2] уже обращалось внимание на то, что величина допустимого подогрева принимается одинаковой для любой географической широты, что может привести, например, на юге к разрешению подогрева до опасно высоких значений.

Случаи гибели организмов при нагреве воды до 40—45 °С уже отмечались в прудах-охладителях АЭС в Южной Каролине (США) и Ташлыкском

водохранилище-охладителе Южно-Украинской АЭС [3].

До настоящего времени не существует единой системы зонирования водоемов-охладителей по интенсивности теплового воздействия. Диапазон температур для зоны сильного, среднего и слабого подогрева различен у разных авторов. М.Л. Пидгайко считает, что в зоне минимального подогрева превышение температуры над естественной составляет 0.5—3 °С, в зоне умеренного подогрева температура превышает естественный фон в 2 раза, а сильного подогрева — в 3 раза [4]. А.К. Столбунов [5] полагает, что в зоне сильного подогрева температурный градиент составляет 5—7 °С, слабого подогрева — 2—5 °С.

Для оценки теплового воздействия используются также показатели тепловой нагрузки [6]: в водоемах со слабым нагревом она составляет 1—2 тысяч кал./м² в сутки, со средним нагревом 3—4 тысяч кал./м² в сутки и с сильным нагревом 5—6 тысяч кал./м² в сутки. Совершенно очевидно, что относительные показатели и данные по тепловой нагрузке не могут объективной характеристикой для определения степени теплового воздействия, т.к. зависят от исходной температуры, объема и интенсивности водообмена водоема-охладителя. Если фоновая температура составляет 25 °С, то превышение ее в 2 раза приведет к массовой гибели организмов и, естественно, такое воздействие не может рассматриваться как умеренный подогрев. По всей видимости, наиболее объективным критерием должно рассматривать абсолютное значение средней и максимальной температуры воды в водоеме-охладителе.

Изучение структуры и динамики зоопланктоценозов, проводившееся с 1990 по 2003 год на водоеме-охладителе НВ АЭС и сравнение полученных результатов с данными исследований зоопланктона ряда других водоемов-охладителей позволили сделать ряд выводов о влиянии повышенной

температуры на развитие отдельных видов зоопланктона и зоопланктоценозов в целом [6—12, 14]. Эти исследования позволили предложить новый подход к оценке уровня допустимой тепловой нагрузки, основанной на реакции организмов зоопланктона.

Результаты наших исследований показали, что общее видовое разнообразие зоопланктона водоемов-охладителей зависит от температурного режима и не зависит от их географического положения и морфометрических характеристик водоемов. Наиболее высокое видовое разнообразие зоопланктона (60—63 вида) характерно для водоемов-охладителей, в которых максимальная температура не превышает 27—28 °С (Черепетская, Барабинская ГРЭС). В водоемах-охладителях с более высокой тепловой нагрузкой (более 28 °С в вегетационный сезон), к числу которых относятся охладители Нововоронежской, Курской, Чернобольской, Запорожской АЭС, а также Зуевское и Кураховское водохранилища и озеро Лиман — охладитель Змиевской ГРЭС, видовое разнообразие значительно ниже и колеблется от 12 до 47 видов зоопланктона. В водоеме-охладителе НВ АЭС в различные годы наблюдений отмечалось 38—47 видов зоопланктона, всего за период исследований обнаружено 95 видов и форм голопланктонных организмов [12, 13].

Зоопланктон водоемов-охладителей с высокой температурной нагрузкой включает общие фоновые (с частотой встречаемости более 50 %) и доминантные виды. Из 17 фоновых видов зоопланктона водоема-охладителя НВ АЭС, 13 видов входят в состав доминантного комплекса других, перечисленных ранее водоемов.

В зависимости от температурного режима в состав зоопланктона и в число доминантов могут входить виды, характерные для региона, эвритермные (общие для ряда водоемов), а при температуре воды более 28 °С термофильные виды с пре-

имущественно южным характером распространения: *Acanthocyclops americanus*, *Thermocyclops* (*Mesocyclops*) *crassus* и даже тропические *Ceratarella tropica*, *Hexarthra intermedia*. Ранее в литературе подчеркивалось отсутствие в водоемах-охладителях термобионтных видов и представителей субтропической флоры и фауны [11].

Исследования зоопланктона водоема-охладителя НВ АЭС показали, что установленный ранее [4] порог температур (30—35 °С) является критическим лишь для организмов, обычных для региона. Наши исследования показывают, что группа перечисленных выше термофильных видов достигает высокой численности и биомассы (до 163 тысяч экз./м³; 4,6 г./м³) в зоне максимального перегрева при температуре 40 °С и выступает в качестве регулятора биоценотического круговорота.

Ежегодные экологические модуляции зоопланктоценозов в водоеме-охладителе НВ АЭС проявляются в изменении видовой структуры (коэффициент фаунистического сходства Чекановского-Сьеренсена по годам наблюдений колеблется от 0,27 до 0,42), следовательно, видовая структура обновляется ежегодно более чем на 50%. Отмечено выпадение из состава зоопланктона отдельных групп организмов в периоды с наиболее высокими значениями летних температур, например, в 1998 году — простейшие и молодь дрейссены; а в 2003 году — ветвистоусые рачки. Обнаруживались также изменения доминантного состава и резкие колебания численности организмов, связанные с колебаниями режима эксплуатации НВ АЭС.

Использование зоопланктона в качестве объекта биоиндикации позволяет выделить 4 группы водоемов, различающихся по уровню тепловой нагрузки и рекомендовать использование абсолютных значений температуры в системе контроля и нормирования теплового загрязнения (табл. 1). Температурный фактор является определяющим

Таблица 1

Классификация водоемов по уровню тепловой нагрузки

I. $t < 27\text{ }^{\circ}\text{C}$	II. $t = 27\text{—}38\text{ }^{\circ}\text{C}$	III. $t = 38\text{—}40\text{ }^{\circ}\text{C}$	IV. $t > 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Водоемы с умеренным подогревом	Водоемы со средним подогревом	Водоемы с сильным и опасным перегревом	Водоемы с недопустимым перегревом
Набор видов обычный для региона, присутствуют эвритермные виды	Появление термофильных видов: <i>K. tropica</i> , <i>A. americanus</i> , <i>H. intermedia</i> .	Снижение и поэтапное выпадение эвритермных видов и отдельных групп организмов. Опасность гибели	Гибель организмов, экологический кризис

для процессов формирования и функционирования планктоценозов водоемов-охладителей.

В соответствии с предлагаемой классификацией водоем-охладитель НВ АЭС относится к водоемам третьей группы, испытывает ежегодные экологические модуляции и находится на грани экологического кризиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны поверхностных вод. — М.: ОР-ГРЭС, 1993.
2. Дельвин Н.Н. Об оценке экологической опасности тепловых сбросов АЭС в водоемы: экологические аспекты исследований водоемов-охладителей АЭС / Н.Н. Дельвин, А.В. Звонников, В.В. Писарев. — Новосибирск, 1983. — С. 151—156.
3. Химический состав воды и планктон водоема-охладителя Южно-Украинской АЭС / О.А. Сергеева, Р.А. Калиниченко, С.И. Кошелева, Л.Г. Ленчина // Гидробиол. журн. — 1988. — Т. 24, № 6. — С. 8—15.
4. Итоги изучения гидробиологического режима пресных водоемов-охладителей юга УССР / М.Л. Пидгайко, В.Г. Гринь, М.Ф. Поливанная, Т.А. Виноградская, О.А. Сергеева // Гидробиол. журн. — 1970. — Т. 6, № 2. — С. 36—44.
5. Столбунов А.К. Влияние сброса подогретых вод ТЭС на микрофлору Ивановского водохранилища / А.К. Столбунов // Круговорот веществ и биологическое самоочищение водоемов. — Киев: Наукова думка, 1980. — С. 148—154.
6. Зоопланктон водоемов-охладителей тепловых электростанций Украины / М.Ф. Поливанная, О.А. Сергеева // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей ТЭС СССР. — Киев: Наукова думка, 1971. — С. 125—157.
7. Гидробиологический режим прудов-охладителей Барабинской ГРЭС / М.В. Волгин, М.С. Куксон, Л.Л. Сипко, М.В. Тимофеева // Гидробиол. журн. — 1982. — Т. 18, № 5. — С. 52—58.
8. Кузнецова В.И. Зоопланктон водоема-охладителя Черепетской ГРЭС / В.И. Кузнецова // Гидробиол. журн. — 1982. — Т. 18, № 5. — С. 45—52.
9. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / А.А. Протасов, О.А. Сергеева, С.И. Кошелева. — Киев: Наукова думка, 1991. — 192 с.
10. Сергеева О.А. Сезонная динамика зоопланктона водоема-охладителя Чернобыльской АЭС / О.А. Сергеева // Гидробиол. журн. — 1985. — Т. 25, № 1. — С. 32—37.
11. Мордохай-Болтовской Ф.Д. Экология организмов водохранилищ-охладителей. — Л.: Наука, 1975. — 69 с.
12. Животова Е.Н. Зоопланктон как объект мониторинга водоемов в зоне влияния НВ АЭС / Е.Н. Животова // Международные экологические чтения памяти К.К. Сент-Илера. — Воронеж, 1998. — С. 94—97.
13. Опыт применения комплексного мониторинга в критических гидроэкосистемах / Е.Н. Животова, О.П. Негроров, В.Г. Артюхов // Биотехнология в охране и реабилитации окружающей среды: тр. биотехнол. центра МГУ. — М., 2003. — С. 151—158.
14. Ретроспективный анализ и характеристика современного состояния гидробиоценозов водоема-охладителя Курской АЭС и рек Сейм и Реут / В.Н. Безносков, А.Г. Васенко, Ю.А. Егоров // Экология регионов атомных станций. — М.: АЭП, 1995. — Вып. 4. — С. 142—196.