

О.Г. Морозова  
Р.З. Пен  
Ю.П. Фоменко

ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ  
КАЧЕСТВА ВОДЫ  
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ  
БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС-1 для  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ  
И АКВАКУЛЬТУРЫ

Монография

Институт экономики, управления  
и природопользования



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

**Министерство образования и науки  
Российской Федерации**

**Сибирский федеральный университет**

**О.Г. Морозова, Р.З. Пен, Ю.П. Фоменко**

**ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ  
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС-1  
ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ  
И АКВАКУЛЬТУРЫ**

**Монография**

**Красноярск  
СФУ  
2011**

УДК 556.557:621.311.21  
ББК 26.22+31.3  
М 80

Рецензенты: чл.-кор. СО РАН В.В. Шайдуров  
д-р. хим. наук, проф. П.В. Миронов

М 80 Морозова, О.Г.

Принципы оптимизации качества воды водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1 для технологических целей и аквакультуры: монография / О.Г. Морозова, Р.З. Пен, Ю.П. Фоменко. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. – 185 с.  
ISBN 978–5–7638–2235–9

В монографии представлены результаты исследования экосистемы водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1 с периода его заполнения. Произведена обработка массива данных методами математической статистики с выделением факторов формирования качества воды, что, несомненно, является ценным материалом для исследователей, работающих в области прикладной экологии.

Предназначена для студентов, аспирантов, научных сотрудников, инженерно-технических работников энергетики.

УДК 556.557:621.311.21  
ББК 26.22+31.3

ISBN 978–5–7638–2235–9

© Сибирский федеральный университет, 2011  
© О.Г. Морозова, Р.З. Пен, Ю.П. Фоменко, 2011

## Введение

Рост численности населения планеты и возрастающие потребности в благах цивилизации приводят к интенсификации разработок и использования природных ресурсов, ужесточению эксплуатации природных экосистем, в том числе и водных ресурсов. Проблема сохранения качества природных вод осложняется тем, что резко возрастает количество промышленных и бытовых отходов, которые традиционно сбрасываются без достаточной очистки в водотоки. По масштабам отрицательных последствий загрязнения гидросферы в наиболее тяжелом состоянии находятся реки; именно на них осуществляется основная антропогенная нагрузка. Достаточно сказать, что в конце XX века в мире расходовался объем пресной воды, соответствующий 40 % ресурсов речного стока.

Снижение качества природных вод связано с ростом масштабов применения воды как теплоносителя, среды и сырья в технологических процессах, развитием водного транспорта, увеличением водопотребления на хозяйственно-бытовые нужды. Вода после ее использования возвращается в окружающую среду со следами «воздействия» в виде изменения химического состава, температуры, механического и биологического загрязнения. Вода многих рек многократно «прокручивается» через различные объекты водопользования. Сохранение и рациональное использование воды, восстановление водных ресурсов является одной из важнейших проблем современности.

Водный фактор играет решающую роль при размещении новых производственных мощностей, в нормальном функционировании практически всех видов производств, в том числе предприятий теплоэнергетики. При существующих способах подготовки ложа водохранилищ возникают серьезные проблемы в водотоках нижнего бьефа; происходит эвтрофирование, ухудшение санитарно-бактериологической обстановки. Отопление воды в водоемах-охладителях приводит к ухудшению характеристик качества воды. Подобная ситуация наблюдается на водоемах-охладителях Дальнего Востока, Сибири, Европейской части России, Украины. Таким образом, проблема качества воды водоемов-охладителей требует технического решения, обеспечивающего экономически эффективное производство энергии.

В современных экономических условиях проблемы рационального использования местных водных ресурсов приобретают особую актуальность. Для решения этих проблем и преодоления отрицательных экологических последствий антропогенного воздействия на водные экосистемы необходима разработка научно обоснованного комплексного подхода к оценке экологического состояния экосистем водоемов-охладителей. Это позволит решить вопросы оптимизации качества охлаждающей воды для атомных и теплоэлектростанций.

Цель настоящих исследований заключалась в оценке состояния экосистемы водоемов-охладителей под влиянием изменяющихся антропогенных факторов для обеспечения экономической эффективности производства энергии. В монографии изложены методологические основы интегральной экологической характеристики, позволяющей реально оценить экологическое состояние экосистемы водоемов-охладителей на основе мониторинга качества воды. Произведена количественная оценка изменения параметров стока из водоема от поступления аллохтонных и автохтонных биогенных веществ для обеспечения необходимого качества охлаждающей воды. Это важно для разработки научно обоснованных практических рекомендаций по мероприятиям, обеспечивающим оптимальное функционирование природно-техногенной экосистемы водоема-охладителя для экономически эффективной работы ГРЭС.

Экспедиционные исследования качества воды водотоков, формирующих будущий водоем-охладитель Березовской ГРЭС-1, проводились с 1983 г. Мониторинг качества воды водоема-охладителя начат с момента его заполнения в 1986 г. Массив данных, полученный по проведенным наблюдениям, был обработан методами математической статистики. В результате анализа выявлены факторы эвтрофикации водоема-охладителя и оценен количественный вклад этих факторов, обуславливающий негативные экологические изменения в водной экосистеме. В дальнейшем установлены зависимости между показателями качества воды с количественной оценкой изменения параметров стока от поступлений аллохтонных и автохтонных биогенных соединений в водоем.

По результатам исследований, проведенным до 2003 г. с помощью анализа связей между параметрами качества воды на входе и стоке из водоема был оценен количественный вклад изменений в суммарный эффект формирования качества воды за длительный отрезок времени, что важно для прогноза экологического состояния водоема-охладителя и реализации экономически эффективных сценариев водопользования ГРЭС.

В целях оптимизации качества воды водоемов-охладителей предложена и реализована в 2000–2002 гг. на водоеме-охладителе Березовской ГРЭС-1 концепция мониторинга; введен новый критерий оценки экологического состояния водоемов-охладителей путем установления интегральной экологической характеристики. Введенная интегральная экологическая характеристика, оценивая реальное состояние экосистемы, позволяет осуществлять действенные мероприятия по обеспечению необходимого качества охлаждающей воды.

Эвтрофирование – одна из важнейших экологических проблем современности, – влечет за собой экономический ущерб техническому водоснабжению теплоэлектростанций, создает ситуацию экологического риска для водных сообществ, здоровья населения. Решение проблемы обеспечения теплоэлектростанции охлаждающей водой требуемого качества и обеспечение гидроэкологической безопасности территории осуществляется путем реализации мониторинга, в рамках которого произведено выявление факторов формирования ка-

чества воды при обработке полученных данных методами математической статистики, что выступает научной основой для прогноза качества воды.

Разработаны и внедрены рекомендации по снижению темпов эвтрофирования и улучшению качества воды на участках акватории водоема-охладителя БГРЭС-1, испытывающих пиковые антропогенные нагрузки.

Полученные данные по качеству воды применены для проведения водомелиоративных работ для повышения эффективности охлаждения воды, предотвращения резкого изменения термических условий для существования гидробионтов в районе сбросного канала и верхней части водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1. Осуществление мероприятий по удалению участков заиления в районе устья сбросного канала, и углублению прибрежной акватории в верховьях повысило экономическую эффективность работы теплоэлектростанции.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Экологические факторы формирования качества воды водохранилищ.....	6
1.1. Характеристика водоема.....	6
1.2. Программа мониторинга.....	7
1.3. Контролируемые параметры.....	9
1.4. Методы математической обработки.....	10
1.4.1. Построение изолиний свойств.....	10
1.4.2. Анализ временных рядов.....	11
1.4.3. Факторный анализ.....	14
1.5. Физико-географические факторы формирования качества воды водоемов.....	15
Глава 2. Формирование гидрохимического и гидробиологического режима водоема охладителя БГРЭС-1.....	21
2.1. Формирование термического режима.....	21
2.2. Формирование кислородного режима водоема-охладителя и его влияние на биотические компоненты экосистемы.....	33
2.2.1. Динамика распределения кислорода.....	33
2.2.2. Динамика развития фитопланктона.....	41
2.2.3. Высшая водная растительность.....	46
2.2.4. Определение токсичности воды биотестированием.....	48
2.2.5. Ихтиофауна водоема-охладителя.....	48
2.2.6. Продукционно-деструкционные характеристики водоема-охладителя.....	50
2.3. Минерализация воды водоема-охладителя.....	58
2.4. Формирование режима растворенных органических веществ.....	61
2.5. Динамика биогенных элементов в воде водоема.....	68
2.5.1. Динамика соединений азота.....	68
2.5.2. Динамика фосфатов.....	71
2.5.3. Динамика соединений железа.....	73
2.6. Динамика цветности воды.....	75
2.7. Динамика прозрачности воды.....	78
2.8. Динамика показателя рН воды.....	80
2.9. Баланс органических и биогенных веществ в водоеме.....	81
Глава 3. Распределение токсикантов в водоеме-охладителе.....	89
3.1. Динамика экологически значимых для водоема тяжелых	

металлов.....	89
3.2. Динамика распределения соединений цинка.....	91
3.3. Динамика распределения соединений меди.....	94
3.4. Динамика распределения соединений марганца.....	96
3.5. Тяжелые металлы в компонентах экосистемы водоема...	98
3.6. Динамика распределения фенолов.....	103
Глава 4. Структура связей между показателями.....	109
4.1. Факторный анализ структуры связей.....	109
4.2. Факторный анализ с учетом кросс-корреляций.....	116
4.3. Кластерный и дискриминантный анализ.....	121
Глава 5. Мониторинг качества воды водоемов-охладителей на примере Березовской ГРЭС-1.....	137
Глава 6. Интегральная экологическая характеристика качества воды	141
Заключение.....	152
Библиографический список.....	153
Приложение.....	157