

на правах рукописи

ХЛЫНОВА СВЕТЛАНА ИВАНОВНА

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБРОСНЫХ ВОД НАЗАРОВСКОЙ ГРЭС НА
ЭКОСИСТЕМУ РЕКИ ЧУЛЫМ

Специальность: 03.00.16 - Экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



Астрахань - 2004

Работа выполнена на кафедре гидробиологии и общей экологии
Астраханского государственного технического университета

Научный руководитель:

заслуженный деятель науки РФ, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор В.Ф. Зайцев

Официальные оппоненты:

заслуженный работник высшей школы РФ, доктор
биологических наук, профессор ДЛ. Теплый

доктор биологических наук, профессор А.Ф. Сокольский

Ведущая организация:

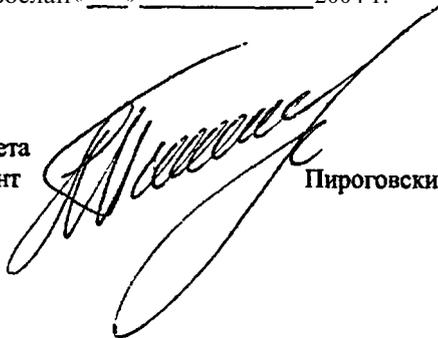
Алтайский государственный университет

Защита состоится «25» июня 2004 г. в _____ часов на
заседании диссертационного совета Д 212.ТЮ9.02. при Астраханском
государственном университете по адресу: 414000, г. Астрахань, пл.
Шаумяна, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке АТУ по адресу:
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. биол. наук, доцент



Пироговский М.И.

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Известно, что в настоящее время более 80% электроэнергии в промышленно развитых странах, в том числе и в России, вырабатывается на тепловых и атомных электростанциях (Мордухай-Болтовской, 1975а; Янг, 2000; Федоров и др., 2002). В конце прошлого века в мире наблюдался очень быстрый рост производства электроэнергии. Так, в США вплоть до начала 90-х годов каждые десять лет происходило удвоение общей мощности таких электростанций. При этом наблюдалось увеличение доли атомных электростанций, сбрасывающих значительно больше подогретых вод, чем тепловые электростанции (Яценко, Паламарчук, 2002; Федоров и др., 2002).

По некоторым оценкам (Янг, 2000), в начале XXI все электростанции США и других промышленно развитых стран используют для охлаждения своих агрегатов не менее 1 млрд. м³ воды в день, что составляет 1/3 от годового речного стока или весь меженный сток таких государств как США, Канада, Россия и др.

Приведенные масштабы использования природных вод, как средств теплоотведения, требуют немедленной ревизии существующих норм нагрузок предприятий энергетики на водоемы, принятых в нашей стране и не являющихся совершенными (Гидробионты..., 2000).

Для разработки эффективных мер по предотвращению теплового загрязнения водоемов, необходимо проводить комплексные исследования закономерностей изменения водных экосистем под влиянием ТЭС и особую важность здесь имеют исследования структурных и функциональных характеристик фитопланктона, который является материальной и энергетической основой существования водных экосистем, а также определяющим фактором формирования и оценки качества воды. Не менее важно изучение следующего трофического звена - зоопланктона, уровень развития которого определяет биологическую продуктивность водоема и, в частности, рыбопродуктивность.

Необходимо отметить, что в настоящее время состояние и структура фитопланктона водоемов-охладителей изучены достаточно подробно, однако основная часть работ была выполнена на водоемах Европейской части СССР (Пидгайко, 1971; Пидгайко и др., 1974; Поливанная и др., 1974; Девяткин, 1975; Федорова, 1976; Тарасенко, 1977; Елизарова, 2000; обзоры: Мордухай-Болтовской, 1975а, 1975б и др.). Лишь несколько исследований было выполнено на уральских и сибирских водоемах (Глазырина, 1980; Горбунова, Зайцев, 1992; Гидробионты..., 2000), которые, однако, используются в качестве водоемов-охладителей предприятий Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК) - крупнейшего в нашей стране.

Исследованиями выявлены некоторые общие закономерности развития сообществ фито- и зоопланктона в водоемах данного типа. Однако



имеющихся данных для проведения комплексной и объективной оценки влияния теплоэлектростанций на водоемы Восточной Сибири сегодня недостаточно.

Цели и задачи исследования. Целью работы было изучение влияния Назаровской ГРЭС, одного из элементов Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса, на экосистему реки Чулым.

В связи с этим в процессе работы предстояло решить следующие задачи:

1. Исследовать гидролого-гидрохимические показатели воды реки Чулым на комплексе станций отбора проб и выявить изменения, происходящие под влиянием Назаровской ГРЭС.
2. Изучить видовой состав, сезонную динамику биомассы и пространственное распределение фитопланктона реки Чулым в условиях деятельности теплоэлектростанции.
3. Произвести сопоставление видовой структуры, динамики численности и биомассы, а также пространственного распределения сообщества зоопланктона в течение 1991 и 2001 годов.
4. Оценить величину продукции органического вещества фитопланктоном реки Чулым и интенсивность деструкционных процессов в водоеме.
5. Выявить направление и степень изменений, происходящих в экосистеме реки Чулым

Научная новизна. Впервые получены материалы по комплексному исследованию влияния Назаровской ГРЭС, являющейся одним из крупнейших предприятий КАТЭКа, включающей семь энергоблоков суммарной мощностью 1120 МВт, на экосистему реки Чулым. Исследования производились с одновременной оценкой воздействия теплоэлектростанции на гидрофизические и гидрохимические составляющие экосистемы водоема, а также определением таких параметров, как видовое разнообразие, динамика количественных характеристик, величины первичной продукции и деструкции органического вещества на участке реки общей протяженностью 120 км в течение двух сезонов с десятилетним интервалом.

Оценивается степень воздействия теплоэлектростанции на гидрологический режим и ряд гидрохимических параметров водоема. Высказывается ряд предположений относительно закономерностей изменений видовой и пространственной структуры сообществ фито- и зоопланктона, происходящих под влиянием Назаровской ГРЭС.

Проанализированы изменения видового разнообразия фитопланктона реки Чулым за период времени с 1968 года по 2001 год. Отмечены сезонные пики продукции органического вещества фитопланктоном водоема и его деструкции, а также воздействие на

рассматриваемые процессы сточных вод теплоэлектростанции. Произведена оценка качества вод на 120 км отрезке реки Чулым методами биотестирования.

Полученные данные позволяют более глубоко проникнуть в сущность закономерностей поддержания устойчивости экосистем водоемов умеренных широт в условиях интенсивной антропогенной нагрузки со стороны объектов энергетики.

Теоретическая и практическая значимость работы. Изучение динамики видовой и пространственной структуры, количественных характеристик компонентов биоценоза водоемов-охладителей, а также продукционно-деструкционных процессов в таких водоемах позволяет понять механизм компенсационных изменений, происходящих в рассматриваемых экосистемах в ответ на воздействие оказываемое объектами тепло и электроэнергетики. Работа вносит существенный вклад в решение целого ряда фундаментальных проблем экологии, что связано с оценкой состояния экосистем в условиях интенсивной и разнофакторной антропогенной нагрузки.

Произведенная оценка состояния экосистемы реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС может помочь специалистам, занимающимся разработкой норм воздействия антропогенных комплексов на природные экосистемы.

Материалы диссертационной работы включены в лекционные курсы по экологии, экологии водных организмов, ботанике Астраханского государственного технического университета.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы представлялись на Всероссийском совещании «Экологические аспекты и природоохранные мероприятия при использовании теплых вод энергетических объектов» (Москва, 1991); Всероссийской научной конференции "Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия" (Астрахань, 1998); научно-методических конференциях профессорско-преподавательского состава АГТУ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ.

Объем и структура работы. Диссертация представлена на 226 страницах машинописного текста, иллюстрирована 26 рисунками и 3 таблицами. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания материала и методов исследования, 3 глав с изложением собственных результатов исследований, общего заключения, выводов, указателя цитируемой литературы и приложения. Список литературы включает 140 источника, в том числе 132 работ отечественных и 8 работ иностранных авторов.

Материал и методы исследований

Исследования степени и характера воздействия хозяйственной деятельности человека на экосистему реки Чулым в районе расположения

крупного источника комплекса антропогенных факторов — Назаровской ГРЭС - производились с использованием гидрологических, гидрохимических и ряда гидробиологических методов оценки состояния гидроэкосистем.

Исследования были проведены в рамках хоздоговорной темы с Красноярскэнерго №71-89 от 1.05.1989 года.

Исследования производились в течение двух сезонов с интервалом в 10 лет. Отбор и обработка проб в период первого сезона экспедиционных работ осуществлялись с марта по октябрь 1991 года, в период второго сезона - с марта по октябрь 2001 года.

Для характеристики планктона и распределения его по водной массе реки Чулым был применен метод выборочного обследования - отбор проб воды на станциях, расположенных в разных частях водоема. Выбор месторасположения станций определялся морфометрией русла реки, локализацией потока охлаждающей воды и преследовал цель возможно более полного охвата экологически разнородных участков.

Сеть станций отбора проб располагалась на отрезке реки Чулым общей протяженностью по фарватеру реки 120 км. Станция 1 - фоновая станция, расположенная в верхнем течении реки, в 15 км выше города Назарово у деревни Владимировка. Станция 2 расположена в районе сбросного канала Назаровской ГРЭС на расстоянии 500 м ниже места впадения сбросного канала в реку Чулым. Станция 3 находится в 2 км ниже места сброса подогретых вод с Назаровочкой ГРЭС. Станция 4 — это станция в нижнем течении реки Чулым в 15 км от города Назарово и в 1 км ниже по течению городских очистных сооружений у деревни Дорохове. Станция 5 расположена у деревни Ершово в 120 км ниже по течению деревни Владимировка.

Гидролого-гидрохимические методы исследования состояния реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС

Исследование гидролого-гидрохимического режима реки Чулым производилось комплексно с использованием двадцати трех параметров из которых 5 - гидрологических.

Определение гидрологических параметров. Измерение скорости течения измерялась при помощи точечного метода с использованием гидрометрического поверхностного поплавка (Железняков, 1981).

Расход воды производился по стандартным гидрологическим методам с использованием определенных на каждом створе отбора проб данных по состоянию водотока, его уровней, глубин в гидрометрическом створе и скоростей течения (Железняков, 1981). Уровни воды измеряли до начала и после окончания всех измерений

Определение прозрачности воды в реке Чулым производили при помощи диска Секи (Берникова, Демидова, 1977). Ледовый режим устанавливался наблюдениями за состоянием поверхности реки с

ведением журнала и отметкой сроков наступления ледостава и начала ледохода.

Измерение температуры воды в реке Чулым производилось при помощи родникового поверхностного термометра. Отсчеты снимались с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$ (Берникова, Демидова, 1977).

Определение гидрохимических параметров. При оценке экологического состояния водоемов первостепенное значение приобретают гидрохимические параметры.

При отборе проб воды для проведения гидрохимического анализа горизонты наблюдений на каждой станции располагались под поверхностью воды на глубине 0,2-0,5 м.

Пробы воды летом всегда брались в одно и тоже время в утренние часы (7 ч. 00 мин.). Общий объем проб составлял 1,5-2,0 л воды. Все пробы для проведения гидрохимического анализа отбирались при помощи батометров. В частности, использовался батометр конструкции Рутнера (Привезенцев, 1973).

Пробы, для проведения различных анализов, разливались по соответствующим склянкам с плотно притертыми крышками, консервировались согласно методикам и этикетировались.

В течение 1-1,5 часов, после прибытия в лабораторию, в отобранных и законсервированных пробах производилось определение гидрохимических параметров.

Количественное определение в воде реки Чулым кислорода производилось • методом Винклера (Берникова, Демидова, 1977). Для определения параметра БГОС_3 пробу выдерживают в термостате при температуре 20°C в течение 5 суток. При этом, рассчитывается БПК_5 как разность в содержании растворенного кислорода в момент взятия пробы и спустя 5 суток (Берникова, Демидова, 1977). Содержание кислорода определяли по методу Винклера.

Определение минерализации воды в реке Чулым производилось трилонометрическим методом с использованием в качестве индикатора хромагена черного (Привезенцев, 1973).

Определение концентрации азота аммонийного определяли колориметрическим методом, основанным на реакции ионов NH_4 с реактивом Несслера ($\text{K}_2[\text{HgI}_4]$) на фотоколориметре с синим светофильтром (Берникова, Демидова, 1977).

Количество азота нитратов в воде реки Чулым определяли колориметрическим методом, в основе которого лежит колориметрическое определение количества продуктов взаимодействия нитрат-ионов с фенолдисульфоновой кислотой. Анализ выполняли на фотоколориметре с синим светофильтром (Берникова, Демидова, 1977).

Измерение массовой концентрации нефтепродуктов в пробах, отобранных на реке Чулым производилось методом ИКС (ПНД Ф 14.1:2.5-95).

Определение хлоридов в пресной воде проводили аргентометрическим методом (Берникова, Демидова, 1977). Определение массовой доли сульфатов в воде реки Чулым производилось объемным йодометрическим методом (Берникова, Демидова, 1977).

Количество растворенного в воде углекислого газа (угольной кислоты) определялось объемным методом, основанном на титровании пробы воды раствором щелочи при помощи фенолфталеина в качестве индикатора (Берникова, Демидова, 1977).

Определение массовой концентрации ионов металлов (железа, меди, магния, натрия и калия в пробах природных и сточных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (ПНД Ф 14.1:2.22 - 95).

Определение окисляемости бихроматным способом производили по традиционной методике (Берникова, Демидова, 1977).

Гидробиологические методы исследования

Сбор и обработка проб фитопланктона. Отбор проб фитопланктона производился при помощи батометра Рутнера емкостью 1,0 л и фиксировались 40%- формалином. Слянки- с пробами этикерывались. Отстоявшиеся 15 суток пробы сифонировались и центрифугировались. Качественный анализ производился под микроскопом Биолам-Р-17. Количественная обработка проб осуществлялась в камере по методикам: Гензена в модификации Медникова и Старобогатова.

Биомасса водорослей вычислялась объемно-весовым методом, наиболее часто применяемым в подобных исследованиях (Михеева, 1970; Чайковская, 1975).

Сбор и обработка проб зоопланктона. Сбор зоопланктона производился планктонной сетью Апштейна из мельничного сита №73. Через сеть процеживали 100 л воды, пробу концентрировали, переливали во флакон объемом 100 мл, этикерывались и фиксировали приливанием 40% формалина,

Обработку проб производили в камере Богорова под микроскопом МБС-9. Определение видов велось под микроскопом МБИ-1 (Определитель..., 1977; Руководство по методам..., 1983).

Оценка интенсивности продукции и деструкции органического вещества. При исследовании продукционно-деструкционных процессов применялся кислородный вариант метода склянок с суточной экспозицией (Винберг, 1960). Эксперименты ставились на всех пяти станциях отбора проб в горизонтах, в которых производился отбор проб для оценки качественной и количественной структуры сообществ планктона.

Одновременно с постановкой опытов на фотосинтез в названных пунктах и горизонтах отбирались количественные пробы воды (объемом

1,0 л) на содержание фитопланктона и определялась прозрачность воды по диску Секки.

Оценка качества воды в реке Чулым производилась биологическим методом при помощи индекса сапробности (S), предложенного Пантле и Букк (Макрушин, 1974).

1. Гидрологические и гидрохимические параметры реки Чулым в районе Назаровской ГРЭС

Современный этап развития энергетики характеризуется снижением темпов строительства новых электростанций. Однако, проблема оптимизации взаимодействия энергетических объектов и природных систем не теряет актуальности в связи с непреодолимостью тенденции роста энергопотребления при невозможности его обеспечения за счет энергосбережения или источников, альтернативных наиболее значимым в настоящее время - тепловым электростанциям.

Назаровская ГРЭС расположена на реке Чулым - одном из притоков р. Оби. Вода для охлаждения турбин ГРЭС забирается из реки Чулым, по водоподводящему каналу поступает на предприятие, а затем по водосбросному каналу подогретая вода сбрасывается в реку Чулым ниже по течению, где смешивается перед плотиной с природной водой.

1.1. Оценка влияния сброса теплых вод на некоторые гидрологические показатели реки Чулым

Тепловые электростанции для трансформации пара, прошедшего через турбину, в воду в конденсаторах нуждаются в интенсивном отведении избыточного тепла. Для этих целей широко используется вода из различных поверхностных источников, которая пропускается через систему охлаждения электростанции, при этом изменяя ряд своих гидрологических и гидрохимических характеристик. Возвратная вода способна внести значительные изменения в гидрологический режим водоема и на его гидрохимические параметры (Пидгайко, 1971).

В связи с этим, нами были произведены измерения скорости течения, максимального расхода воды в русле реки Чулым, прозрачности воды, температурного и ледового режима на пяти станциях отбора проб.

Гидрологические условия реки Чулым в период исследований в 1991 и 2001 годах характеризовались следующими показателями: скорость течения и расход воды в русле реки в первый и второй сезоны экспедиционных работ (1991 и 2001 годы соответственно) достоверных отличий не имели. Наименьшая скорость течения воды в реке была зафиксирована в сентябре на уровне 0,4 м/с во время межени, в тоже время максимальная скорость течения воды была отмечена во время паводка на уровне 1,4 м/с. Оценка суточных расходов воды в целом характеризует стабильную водообеспеченность Назаровской ГРЭС водными ресурсами.

Одной из важнейших гидрологических характеристик водоема, оказывающих непосредственное влияние на качественную и

количественную структуру автотрофных планктонных сообществ, является прозрачность воды (Алекин, 1970). Проведенные нами измерения указанного показателя позволили установить, что прозрачность воды в реке Чулым на станциях 1-5 в 1991 году изменялась от 0,9 до 1,8 м, в 2001 году - от 0,7 до 2,2 м. При этом, необходимо отметить, что наименьшие ее значения в оба года исследований наблюдались в конце июля и на станциях, находящихся в непосредственной близости от места впадения сбросного канала Назаровской ГРЭС в русло реки (станции 2 и 3). Максимум прозрачности отмечался в осенние месяцы. Среди исследованных станций наиболее высокие показатели прозрачности в оба года проведения замеров были зафиксированы на фоновой станции 1.

На рисунке 1 представлены результаты исследования температурного режима реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС. Как видно из рисунка, сбросные воды теплоэлектростанции, используемые в ее системе охлаждения, оказывают значительное влияние на термальный режим водоема, которое распространяется на значительное расстояние ниже по течению реки от места впадения сбросного канала в русло реки. Так, в частности, даже на расстоянии более 100 км от указанного предприятия на станции <5 температура воды в реке Чулым отличается от таковой, зарегистрированной на фоновом участке реки (станция 1).

1.2. Исследование некоторых гидрохимических показателей воды в реке Чулым

Одним из наиболее важных гидрохимических показателей водоемов, позволяющих оценить качество воды и даже произвести предварительную оценку состояния гидробиоценоза, является содержание в воде растворенного кислорода.

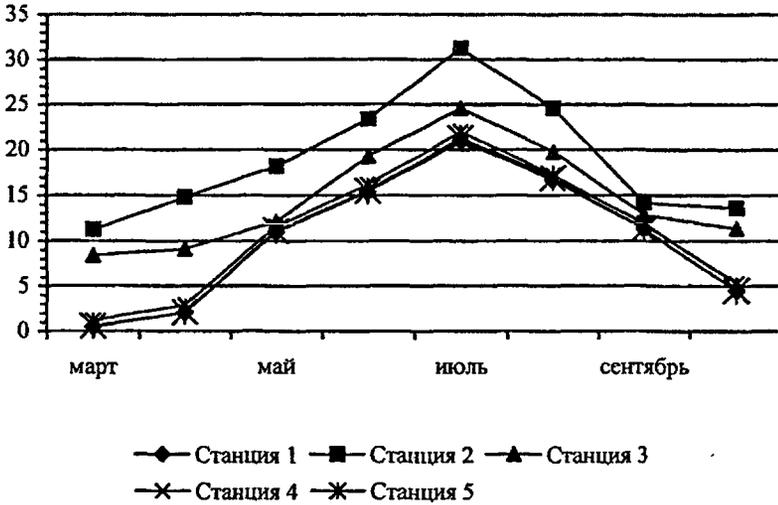
Данные, полученные в результате оценки содержания растворенного в воде кислорода на пяти станциях 120 км участка реки Чулым, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание растворенного кислорода в воде реки Чулым, мг/л

Станция Месяц	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5
Март	7,5/7,3	9,0/8,4	8,7/8,4	7,6/7,3	7,4/7,2
Апрель	7,5/7,3	8,7/8,3	8,4/8,1	7,6/7,3	7,4/7,2
Май	7,4/7,3	8,5/8,2	8,2/7,9	7,5/7,3	7,4/7,1
Июнь	7,4/7,2	8,4/8,0	8,0/7,8	7,5/7,1	7,4/7,1
Июль	7,4/7,2	8,4/8,0	8,1/7,8	7,4/7,1	7,4/7,2
Август	7,4/7,1	8,4/8,0	7,9/7,8	7,5/7,0	7,4/7,2
Сентябрь	8,5/8,4	9,6/9,2	9,3/9,0	8,5/8,3	8,2/8,1
Октябрь	9,9/9,5	10,0/9,7	10,0/9,7	9,9/9,5	9,9/9,5

Примечание: в числителе – содержание растворенного кислорода в воде реки Чулым в 1991 году; в знаменателе - содержание растворенного кислорода в воде реки Чулым в 2001 году.

А



Б

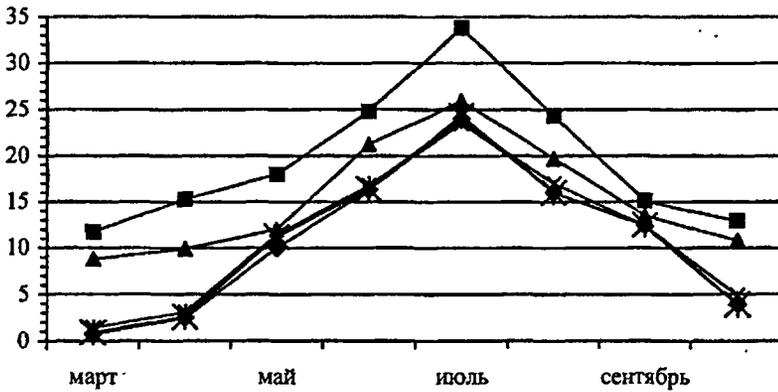


Рисунок 1. Сезонные изменения температуры воды в реке Чулым в 1991 году (А) и 2001 (Б).

Обозначения:

по вертикали – температура воды, °С;

по горизонтали – месяцы.

Данные, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о более высоких значениях содержания в воде реки Чулым растворенного кислорода в пробах, отобранных на станции 2. Присутствие в воде водоема-охладителя в условиях повышенного температурного режима большого количества растворенного кислорода, по всей видимости, объясняется ее интенсивной аэрацией при прохождении конденсаторов электростанции и активным перемешиванием водных масс в сбросном канале. Аналогичную закономерность отмечали другие ученые (Мордухай-Болтовской, 1975 и др.).

Анализируя полученные данные, следует отметить, что гидрохимический режим на исследуемых участках реки носит неоднородный характер. Изменение его на участках, подверженных влиянию сбросных вод Назаровской ГРЭС, позволяет сделать предположение о значительных изменениях в экосистеме реки Чулым, о чем может свидетельствовать зарегистрированное превышение нормативов на содержание в воде некоторых загрязняющих.

Установленная неоднородность исследованных гидрохимических параметров, безусловно, определяется гидрологическим режимом реки Чулым, на который, в свою очередь, непосредственное влияние оказывает Назаровская ГРЭС. В тоже время не вызывает сомнения и прямое воздействие теплоэлектростанции на гидрохимический режим реки.

2. Видовой состав, сезонная динамика и пространственное распределение фито- и зоопланктона реки Чулым

2.1. Фитопланктон

Известно, что фитопланктон, являясь первым трофическим уровнем в экосистеме, может быть важным тестом, определяющим качество воды, так как он быстро и четко реагирует на изменение биогенной нагрузки на водоемы, адекватно оценивая происходящие в них процессы.

Необходимо отметить, что в результате изучения качественного состава альгофлоры в районе проведения полевых работ было установлено, что в состав фитопланктонного сообщества отличается довольно высоким видовым разнообразием и насчитывает 96 видов водорослей. Из них 63% приходилось на долю диатомовых, а 34% - зеленых и 3% приходятся на долю синезеленых водорослей. Следует также отметить, что основу биомассы также составляли диатомовые и зеленые водоросли, но в несколько другой пропорции - 74% и 23% соответственно.

Из диатомовых наиболее часто встречающимися в воде реки Чулым были представители родов: *Nitzschia*, *Navicula*, *Fragillaria*, *Synedra*, *Cymbella*, *Cocconeis*, а из зеленых - представители родов *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Coenolamellus*. Из 30 наиболее часто встречающихся видов

только около 15 развивались достаточно бурно и формировали более 60% общей биомассы фитопланктона.

Качественный состав фитопланктона исследуемого участка реки Чулым в районе фоновой станции 1 был представлен, главным образом, диатомовыми водорослями среди которых доминирующим на протяжении весенних и осенних месяцев являлся вид *Nitzschia acicularis*. Высокую численность также имели такие виды как *Ankistrodesmus pseudomirabilis* и *Cyclotella* sp.

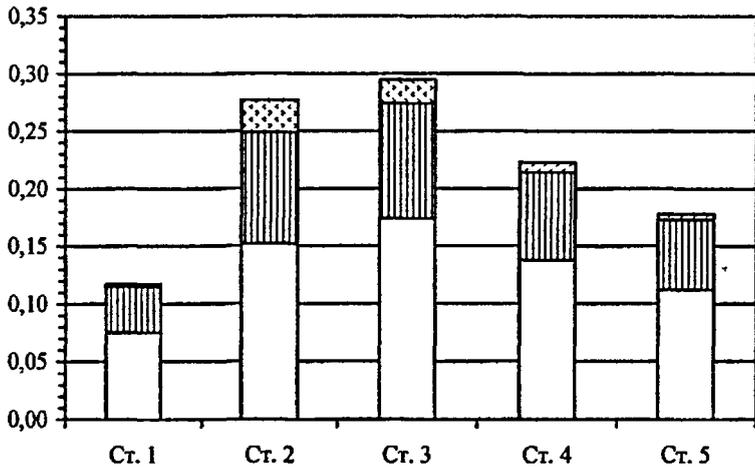
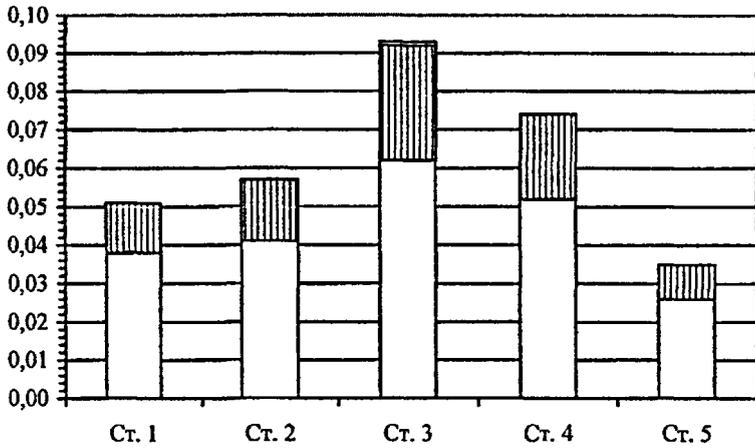
На рисунке 2 приведены результаты исследований динамики биомассы фитопланктона реки Чулым в марте и июле 1991 года, в течение которых наиболее четко отразились процессы, происходящие в сообществе фитопланктона. Необходимо отметить, что данные, полученные в сезоне 2001 года, подтверждают отмеченные закономерности предыдущего периода исследований.

Из приведенного рисунка видно, что максимальная биомасса водорослей отмечается на станциях, подверженных воздействию теплых сбросных вод Назаровской ГРЭС. Причем наивысшее значение данный показатель демонстрирует на станции 3: 0,093 мг/л в марте 1991 года на станции 3 против 0,051 мг/л на станции 1. В тоже время, в марте 2001 года были получены следующие значения биомассы фитопланктона - 0,053 мг/л на станции 1 и 0,081 мг/л на станции 3.

По мере сезонного увеличения температуры воды происходит увеличение общей биомассы водорослей (0,047 мг/л в апреле 1991 года на станции 1, 0,197 мг/л - в мае того же года) и сохранение преобладания величины биомассы на станции 3 (0,106 мг/л и 0,215 мг/л в апреле и мае 1991 года соответственно) с увеличением массовой доли зеленых (на фоновой станции) и синезеленых (на станциях 2, 3 и 4) водорослей.

Обработка проб фитопланктона, отобранных на всех пяти станциях на реке Чулым в июне 1991 и 2001 годов, позволила установить существенные изменения, произошедшие в видовой структуре фитопланктонного сообщества. Так, в частности, на всех станциях отбора проб на реке Чулым доминировал комплекс видов, характерный для переходного от весны к лету периода: *Cyclotella meneghiniana* Kutz., *Stephanodiscus binderan*, *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib. с примесью *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs и др. Основную часть биомассы (до 0,161 мг/л на станции 1 в июне 1991 года) создавали первые два вида.

Одним из наиболее значительных отличий в структуре фитопланктона реки Чулым, наблюдающихся с наступлением лета, на наш взгляд, это уменьшение биомассы фитопланктона на станции 2 по сравнению с данной величиной наблюдавшейся на станции 1. Причем, указанное изменение наблюдается в оба периода исследования - в 1991 и 2001 годах. При этом наблюдается уменьшение массовой доли диатомовых водорослей в общей



□ - диатомовые; ▨ - зеленые; ▩ - синезеленые.

Рис. 2. Изменение биомассы фитопланктона реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС в марте (А) и июле (Б) 1991 года.

Обозначения:

по вертикали — величина биомассы фитопланктона, мг/л.

биомассе фитопланктона и, соответственно, ее увеличение зеленых и синезеленых водорослей.

Вероятно, основной причиной наблюдающегося уменьшения биомассы фитопланктона в реке Чулым на станции 2 по сравнению со станцией 1 может являться значительный температурный градиент как при перемещении водных масс реки в июне из района станции 1 в район станции 2, так и на каждой из рассматриваемых станций в период времени с мая по июнь.

Изучение видовой структуры фитопланктона реки Чулым в течение июля и августа 1991 и 2001 годов позволило установить, что флористический состав водорослей представлен комплексом видов, характерным для летнего периода водоемов умеренных широт. Так установлено, что по сравнению с данными, полученными при оценке качественного состава фитопланктона исследуемого водоема в июне, в июле и августе из числа доминантов полностью вытеснены виды, занимавшие лидирующее положение в течение весенних месяцев: *Nitzschia acicularis*, *Ankistrodesmus pseudorairabilis* и *Cyclotella* sp.

Абсолютное преимущество по биомассе и численности имели *Melosira granulate* (Ehr.) Ralfs. и *Pandorina monim* (Miill.) Bory, составлявшие в совокупности более 79-88% численности и 84-95% биомассы в зависимости от станции взятия проб фитопланктона и года исследования.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено влияние температуры на развитие фитопланктона в районе теплового загрязнения Назаровской ГРЭС. На участках сброса теплых вод и их перемешивания с речным стоком отмечается повышенная биомасса водорослей и их видовое разнообразие. Следует отметить, что наибольшее значение биомассы за весь период исследований (0,500 мг/л) отмечено на станции 3, где происходит перемешивание водных масс. Температура воды в это время составляла 19,7°C, что, по-видимому, является наиболее оптимальным условием для развития таких водорослей как *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs., *Pandorina morum* (Miill.) Bory, а также представителей родов *Scenedesraus* (*S. quadricauda* (Turp.) Breb. var. *quadricauda*, *S. arcuatus* Lemm.), *Oocystis* (*Oocystis* sp., *O. solitaria*, *O. composita*), *Pediastrum* (*P. boryanum* (Turp.) Menegh., *P. tetras* (Ehrb.) Ralfs., *P. simplex* Meyen).

2.2. Зоопланктон

Анализ результатов, полученных при исследовании качественных и количественных характеристик зоопланктона в 1991 году позволил нам установить идентичность численности и биомассы зоопланктона реки Чулым на соответствующих станциях отбора проб в течение каждого месяца, полученным в 2001 году.

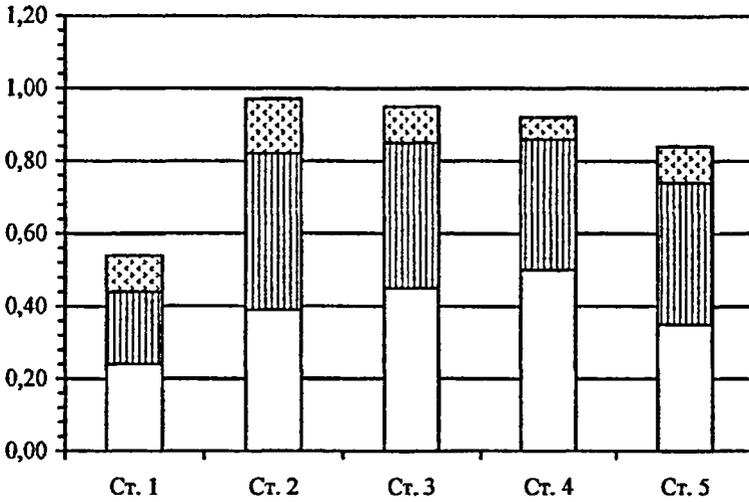
На рисунке 3 представлены данные по изменению величины биомассы зоопланктона в марте и июле 1991 года.

Из рисунка видно, что биомасса планктонных беспозвоночных на станциях, непосредственно подверженных влиянию сбросных вод Назаровской ГРЭС (станции 2, 3 и 4) превышает таковую, зарегистрированную на фоновой станции 1 и станции со сходными гидрологическими условиями 5. Увеличение температуры воды влечет за собой рост биомассы и изменение видовой структуры сообщества. Так, в течение марта и апреля на станции 1 было зарегистрировано лишь два вида коловраток (*Euchlanis dilatata* и *Brachionus urceus*), а также науплиальные стадии *Copepoda*. В планктоне в это время также встречались личинки *Chironomida simuluda*. Существенных различий в видовом составе зоопланктона на всех станциях отбора проб в этот период не отмечалось. Биомасса зоопланктона на фоновом участке реки составила 0,69 мг/л и 0,81 мг/л в марте и апреле соответственно.

В июле на фоновом участке реки по численности преобладали коловратки. Массовое развитие получили виды рода *Euchlanis* (40,9% от общей численности) - *E. dilatata* и *E. lura*. Но основную долю биомассы составляли ветвистоусые (*Alona quadrangularis*, *Pleuroxus tremeatus*) - 49,1% от общей биомассы. На формирование зоопланктонного сообщества реки Чулым наибольшее влияние оказывают ранее (Чайковская и др., 1984) многочисленные затоны, реки и ее пойменные озера. Июль характеризуется некоторым спадом в развитии планктонных беспозвоночных на фоновом участке реки, биомасса которых в это время составляет 1,66 мг/л. В то же время на станциях 2, 3 и 4 происходит бурное развитие зоопланктона с достижением биомассой величин 70,5 мг/л на станции 4 в мае и 43,1 мг/л июле против 2,14 мг/л на той же станции в апреле. Основную массу планктона в июле на станциях, непосредственно подверженных влиянию сбросных вод Назаровской ГРЭС, составляли *Cladocera* (44,4% от численности и 46,9%, от биомассы) и *Copepoda* (55,5% от численности, 52,7% от биомассы). Наиболее массовыми были виды: *Ch. sphaericus*, *A. rectangula*, *Alonella excisa*, *Graptoleberis testudinaria*, *Copepoditi Cyclopoida*. Всего насчитывается 11 таксонов.

Таким образом, нами установлено значительное влияние деятельности Назаровской ГРЭС на состав зоопланктона реки Чулым, выражающееся в изменении динамики численности и биомассы зоопланктона на участках не подверженных влиянию подогретых сбросных вод теплоэлектростанции и находящихся под их воздействием, изменении сроков и темпов вегетации и видовом разнообразии. Кроме того, установлена гибель беспозвоночных животных, происходящая в результате механических повреждений и теплового шока при прохождении планктона вместе с водой через агрегаты теплоэлектростанции, достигающая 50% от их численности.

А



Б

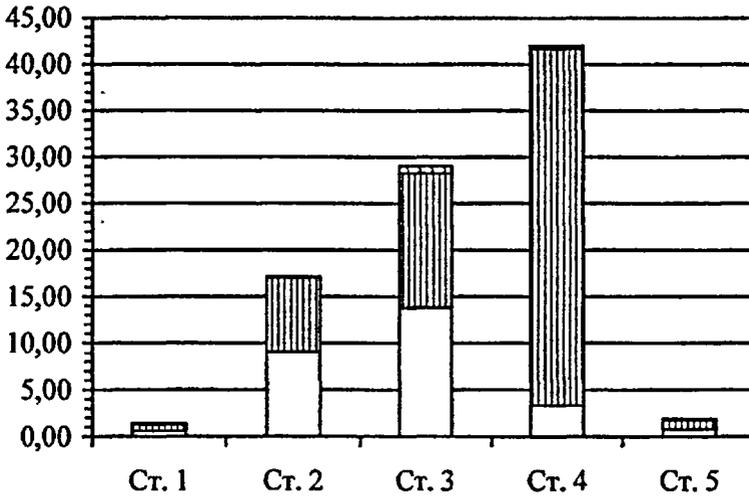


Рис. 3. Изменение биомассы зоопланктона реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС в марте 1991 (А) и 2001 годов (Б).

Обозначения:

по вертикали – величина биомассы зоопланктона, мг/л.

2.3. Оценка качества воды реки Чулым

Нами была произведена оценка качества воды в реке Чулым с использованием индекса сапробности Пантле и Бука. В результате произведенных исследований было установлено, что индекс сапробности в течение всего периода исследований изменялся в пределах следующих величин. На фоновой станции 1 была определена величина индекса сапробности и показано, что в течении 1991 и 2001 годов его значения колебались в пределах 2,24-2,35, что соответствует качеству вод $o >$ мезосапробной зоны. Оценка качества воды в реке Чулым на станции 2 позволила установить значение индекса сапробности на уровне 2,57-3,39 в зависимости от сезона проведения исследований. В тоже время на станции 3 величина индекса сапробности составила 2,58-3,35, на станции 4 - 2,55-3,37, а на станции 5 индекс сапробности составил 2,47-3,33.

Таким образом, качество воды в реке Чулым на станциях 2-4 соответствует водам Р-мезосапробной зоны, а на станции 5 по степени загрязнения воды реки соответствуют а, (3-мезосапробной зоне. Полученные результаты свидетельствуют о негативном влиянии сбросных вод Назаровской ГРЭС на качество воды в реке Чулым. Сопоставление полученных нами результатов с имеющимися литературными данными (Разработка прогноза..., 1986; Изучить последствия воздействия..., 1988) позволило установить, что на протяжении полутора десятилетий в целом в рассматриваемом водоеме произошло снижение качества воды и, в том числе, на участках реки непосредственно подверженных воздействию сточных вод Назаровской ГРЭС.

3. Первичная продукция и деструкция органического вещества

Интенсивность и соотношение продукционно-деструкционных процессов является одним из важных критериев, определяющих типологическую принадлежность водоема и отражающих характер влияния на него антропогенных факторов. В водоемах-охладителях ГРЭС, как показали многочисленные исследования, проведенные преимущественно в Европейской части России и за рубежом (Пидгайко, 1971; Мордухай-Болтовской, 1975а, 1975б; Стеженская, 1975), существенное влияние на уровень первичного продуцирования и скорость оборачиваемости органических веществ оказывает поступление в водоем дополнительного тепла (Кириллов, Чайковская, 1983).

В таблице 2 приведены значения основных продукционных характеристик фитопланктона в поверхностном слое реки Чулым, полученных нами в течение двух сезонов исследования в 1991 и 2001 годах в период с марта по октябрь.

Как видно из таблицы 2, на исследуемых участках первичная продукция фитопланктона за исследуемый период колебалась от 0,005 мгО₂/(лхсутки) до 0,785 мгО₂/(лхсутки), что характеризует очень низкую продуктивность района исследований. При этом необходимо отметить, что

Таблица 2. Значения продукционных характеристик фитопланктона в поверхностном слое реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС

Месяц	Зона	A	B	A/B	P ₁ /B ₁	R
1	2	3	4	5	6	7
Март	1	0,008/0,013	0,051/0,053	0,16/0,25	0,54/0,91	0,009/0,015
	2	0,040/0,034	0,057/0,055	0,70/0,62	3,28/3,17	0,029/0,025
	3	0,053/0,051	0,093/0,081	0,57/0,63	3,19/3,07	0,030/0,022
	4	0,051/0,042	0,074/0,080	0,69/0,53	3,19/2,71	0,024/0,020
	5	0,005/0,012	0,035/0,054	0,14/0,22	0,51/1,87	0,006/0,014
Апрель	1	0,011/0,016	0,047/0,054	0,24/0,30	1,04/1,24	0,014/0,015
	2	0,074/0,070	0,089/0,093	0,83/0,75	5,11/3,48	0,039/0,042
	3	0,069/0,067	0,106/0,101	0,65/0,66	3,92/3,33	0,037/0,039
	4	0,066/0,059	0,097/0,091	0,68/0,65	2,14/2,29	0,024/0,029
	5	0,014/0,013	0,056/0,074	0,25/0,17	1,06/0,87	0,014/0,016
Май	1	0,110/0,112	0,197/0,200	0,56/0,56	2,74/2,20	0,115/0,111
	2	0,200/0,160	0,204/0,205	0,98/0,78	5,98/3,87	0,044/0,049
	3	0,181/0,155	0,215/0,221	0,84/0,70	3,36/3,54	0,040/0,047
	4	0,157/0,163	0,209/0,214	0,75/0,76	2,44/2,47	0,039/0,047
	5	0,113/0,135	0,201/0,204	0,56/0,66	1,89/2,02	0,098/0,130
Июнь	1	0,188/0,183	0,276/0,281	0,68/0,65	2,98/2,74	0,094/0,107
	2	0,177/0,182	0,164/0,194	1,08/0,94	5,09/4,90	0,060/0,046
	3	0,158/0,159	0,198/0,207	0,80/0,77	3,90/4,09	0,036/0,057
	4	0,166/0,168	0,234/0,240	0,71/0,70	3,32/3,74	0,031/0,029
	5	0,180/0,189	0,254/0,263	0,71/0,72	2,11/2,93	0,063/0,071
Июль	1	0,110/0,112	0,117/0,142	0,94/0,79	6,78/5,24	0,035/0,031
	2	0,424/0,368	0,277/0,281	1,53/1,31	2,04/1,17	0,149/0,154
	3	0,357/0,429	0,295/0,304	1,21/1,41	1,71/3,21	0,088/0,097
	4	0,239/0,271	0,223/0,234	1,07/1,16	3,86/3,01	0,055/0,060
	5	0,164/0,170	0,178/0,193	0,92/0,88	4,41/5,73	0,048/0,053
Август	1	0,318/0,321	0,324/0,321	0,98/1,00	2,08/2,14	0,048/0,059
	2	0,517/0,557	0,359/0,374	1,44/1,49	1,25/1,31	0,094/0,117
	3	0,726/0,785	0,497/0,500	1,46/1,57	1,67/2,27	0,261/0,224
	4	0,531/0,669	0,435/0,481	1,22/1,39	1,74/2,21	0,184/0,160
	5	0,328/0,391	0,368/0,395	0,89/0,99	1,91/2,19	0,097/0,085
Сентябрь	1	0,160/0,111	0,296/0,284	0,54/0,39	2,01/3,17	0,035/0,024
	2	0,088/0,241	0,101/0,274	0,87/0,88	6,18/5,02	0,036/0,094
	3	0,212/0,215	0,331/0,303	0,64/0,71	3,22/4,11	0,051/0,047
	4	0,207/0,182	0,305/0,294	0,68/0,62	2,46/2,74	0,039/0,061
	5	0,131/0,105	0,284/0,291	0,46/0,36	1,97/2,29	0,051/0,034
Октябрь	1	0,015/0,039	0,065/0,098	0,23/0,40	0,91/1,17	0,024/0,027
	2	0,066/0,081	0,088/0,079	0,75/1,03	3,21/4,21	0,012/0,051
	3	0,232/0,156	0,313/0,214	0,74/0,73	3,17/4,19	0,062/0,046
	4	0,120/0,129	0,215/0,201	0,56/0,64	3,15/3,79	0,070/0,065
	5	0,058/0,034	0,165/0,105	0,35/0,32	1,79/0,74	0,062/0,029

Примечание к таблице 2: в числителе – значения продукционных характеристик за 1991 год; в знаменателе – значения продукционных характеристик за 2001 год; A – валовая первичная продукция, мг O₂/(л·сут); B – биомасса фитопланктона, мг/л; P₁ – чистая первичная продукция фитопланктона в калориях (80% валовой первичной продукции при оксикалорийном коэффициенте 3,38); B₁ – биомасса фитопланктона в калориях (для диатомовых и пиррофитовых 1 мг = 0,46 кал; для остальных типов 1 мг = 0,90 кал); R – деструкция органического вещества, мг O₂/(л·сут); 1, 2, 3, 4, 5 – номера станций.

наименьший уровень первичной продукции фитопланктона был зарегистрирован в марте 1991 года на станции 5, а наибольший уровень - в августе 2001 года на станции 3. Увеличение продукции отмечается под воздействием подогретых вод при температуре 20-25°C в августе в постэкстремальный температурный режим водоема, тогда как большее увеличение температуры продукционную возможность водоема снижает.

Оценка продукционных характеристик фитопланктона реки Чулым позволила установить, что фотосинтетическая продукция единицы биомассы (A/B) отмечена при относительно низких ее значениях, что является закономерным для водоемов умеренных широт (Михеева, 1970; Кириллов, Чайковская, 1983).

Средняя по станциям отбора проб удельная скорость новообразования органического вещества (коэффициент P_i/B_0) увеличивается по мере сезонного увеличения температуры воды в реке Чулым. Оценка величины рассматриваемого параметра в течение каждого месяца показывает его преобладание на станциях, непосредственно подверженных влиянию теплых вод Назаровской ГРЭС.

Коэффициенты A/B и P_i/B_i были наибольшими до и после температурного максимума, что совпадает с периодом нарастания здесь численности летних доминант и свидетельствует о положительной роли умеренного подогрева на продукционные процессы в водоеме в это время.

Деструкция органического вещества за весь период колебалась 0,006 мгО₂/(лхсутки) до 0,261 мгО₂/(лхсутки). При этом, как и в случае с первичной продукцией, наименьший уровень деструкционных процессов в реке Чулым был зафиксирован нами в марте 1991 года на станции 5, в то время как наибольший уровень - в августе 1991 года на станции 3.

Полученные результаты свидетельствуют о стимулирующем действии температуры на процессы продукции органического вещества фитопланктоном и его последующей деструкции. Кроме того, на основании полученных данных мы можем сделать заключение о том, что температура воды в реке выше 25°C оказывает подавляющее действие на рассматриваемые процессы.

Полученные нами результаты свидетельствуют о преобладании деструкционных процессов в русле реки Чулым на станциях 2, 3 и 4 над таковыми, зарегистрированными на станциях 1 и 5. Подобное явление, по всей видимости, кроме стимулирующего воздействия высоких температур, может быть связано с дополнительным поступлением органического вещества после садковой линии, расположенной на теплых вода сбросного канала Назаровской ГРЭС.

Кроме того, нами установлена строгая закономерность интенсификации процессов синтеза органического вещества и его распада

в летний период и резкое замедление при понижении температуры воды в водоеме с наступлением осенних холодов.

Соотношение продукционно-деструкционных процессов (A/R , индекс самоочищения) равно больше 1, характеризует высокую степень самоочищения водоема.

Максимальное значение индекса самоочищения воды в реке Чулым нами было зарегистрировано в августе 1991 года на станции 1. Необходимо отметить, что в данный период температура воды на станции 1 отмечалась на уровне $16,7^{\circ}\text{C}$.

В результате исследования продукционно-деструкционных процессов, протекающих в водах реки Чулым, нами была установлена зависимость величины индекса самоочищения от температуры воды.

Величина индекса самоочищения ниже 1 свидетельствует о преобладании процессов деструкции органического вещества над процессами синтеза. Подобное явление приводит к возникновению отрицательного биотического баланса и характерно для всех участков реки Чулым с температурным режимом близким к фоновому в марте, апреле и октябре.

Установлено, что динамика продукционных характеристик реки Чулым находится в прямой зависимости с динамикой величины БПК₅.

Таким образом, на основании полученных нами данных можно сделать заключение о том, что термальные воды Назаровской ГРЭС усиливают процесс биологического самоочищения реки Чулым.

Исследования, проведенные на участке реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС, позволяют отнести его, согласно классификации Жукинского В.Н. (1977), к низкопродуктивным или слабозвтрофным водоемам умеренных широт как по численности и биомассе фитопланктона, так и по интенсивности продукционно-деструкционных процессов. По сравнению с фоновой станцией 1 уровень развития фитопланктона на станциях, расположенных ниже по течению, увеличился в 1,5-3,0 раза (по биомассе). Последнее, с учетом выявленного значения индекса самоочищения (A/R), в большинстве случаев превышающего 1, свидетельствует о том, что биогенные элементы не лимитируют фотосинтез фитопланктона в исследуемом водоеме (что согласуется с гидрохимическими данными), и в нем происходят процессы эвтрофикации (Общие основы..., 1979).

Все сказанное, с учетом данных по кислородному режиму, свидетельствует об удовлетворительном состоянии качества воды в реке Чулым и об отсутствии в ней выраженных признаков теплового загрязнения (Веригин, 1977). Однако отмеченное в июле, т. е. в период максимальных температур воды, ослабление продукционных возможностей фитопланктона указывает на недопустимость дальнейшего увеличения тепловой нагрузки на исследованный водоем.

Выводы

1. Исследования гидрологического режима реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС показали наличие изменений, возникающих под воздействием сточных вод теплоэлектростанции, выражающихся в увеличении температуры воды в районе впадения сбросного канала на 11°C в течении марта и октября, а также на 8°C в летние месяцы, в уменьшении прозрачности воды и отсутствии ледяного покрова на участке реки протяженностью около 60 км.
2. Установлено увеличение количества растворенного в воде кислорода на станциях, подверженных влиянию сбросных вод электростанции до 9,0 мг/л против 7,5 мг/л на фоновой станции в марте 1991 года.
3. На участках сброса теплых вод и их перемешивания с речным стоком отмечается повышенная биомасса фитопланктона (в 2,0-2,5 раза выше по сравнению фоновым участком реки) и увеличение его видового разнообразия (с 46 видов на фоновом участке до 69 на станции 2). Виды водорослей, отсутствующие на фоновом участке реки Чулым, на последующих станциях не являются массовыми. Смены доминирующих видов на участке реки, подверженном влиянию Назаровской ГРЭС, по сравнению с фоновым не происходит.
4. В период с 1979 года по 2001 год на участке реки Чулым, подверженном влиянию сбросных вод теплоэлектростанции, произошло уменьшение количества видов фитопланктона с 93 в 1979 году до 70 в 2001 году. С 1991 года отмечаются новые виды водорослей, встречающиеся в летнее время повсеместно, но наиболее массовое развитие отмечено на участке реки, где происходит смешивание водных масс реки и Назаровской ГРЭС. Среди появившихся водорослей обнаружен *Pediastrum simplex* Meуen, наиболее характерный для водоемов умеренных широт в летний период.
5. На участках реки Чулым, подверженных влиянию сточных вод теплоэлектростанции, происходит опережение развития зоопланктона в весенний период. На фоне отсутствия различий в видовой структуре зоопланктона на всем протяжении реки Чулым пик зоопланктона на фоновом участке отмечен в июне с последующим спадом, тогда как ниже по течению Назаровской ГРЭС в июле наблюдается наиболее массовое развитие беспозвоночных.
6. Величина продукции органического вещества, значения коэффициентов продуктивности фитопланктона и деструкции

органического вещества имеют наибольшие значения в течение вегетационного сезона в постэкстремальный температурный период. Это свидетельствует о стимулирующем действии температуры на указанные процессы. Кроме того, полученные данные позволяют сделать заключение о том, что температура воды в реке выше 25°C оказывает подавляющее действие на рассматриваемые процессы.

7. Исследования, проведенные на участке реки Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС, позволяют отнести его, к низкопродуктивным или слабоэвтрофным водоемам умеренных широт как по численности и биомассе фитопланктона, так и по интенсивности продукционно-деструкционных процессов. Анализ полученных результатов свидетельствует о стабильном состоянии, экосистемы, реки Чулым, и отсутствии в ней выраженных признаков теплового загрязнения. Однако, ослабление в июле продукционных возможностей фитопланктона свидетельствует о недопустимости дальнейшего увеличения тепловой нагрузки на исследуемый водоем.

Список публикаций по теме диссертации

- Хлынова СИ., Николенко В.К. Особенности развития фитопланктона реки Чулым в зоне действия Назаровской ГРЭС // Сборник докладов совещания «Экологические аспекты и природоохранные мероприятия при использовании теплых вод энергетических объектов», п. Светлодарское Донецкой обл., 8-12 октября 1991 г. - Москва, 1992. - С. 81-88.
2. Хлынова СИ. Влияние теплового загрязнения на альгофлору реки Чулым // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сборник научных трудов. Экология. - Астрахань: Астрахан. гос. техн. ун-т. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 1998. - С. 79-83.
 3. Хлынова СИ. Оценка влияния теплых сбросных вод Назаровской ГРЭС на фитоценоз реки Чулым // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия: Материалы Российской научной конференции. 19-20 октября 1998 года. - Астрахань: Изд-во Астраханского гос. пед. ун-та, 1998. - С. 114-116.
 4. Николенко В.Н., Хлынова СИ. Гидрохимический режим реки Чулым в районе сброса теплых вод Назаровской ГРЭС // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия: Материалы Российской научной конференции. 19-20 октября 1998 года. - Астрахань: Изд-во Астраханского гос. пед. ун-та, 1998.-С. 117-119.

5. Зайцев В.Ф., Хлынова СИ., Тарасов А.Г., Горбунова Л.А. Влияние антропогенного загрязнения на зоопланктон и макрозообентос реки Чулым в зоне действия Назаровской ГРЭС // Материалы Всероссийской конференции. - С.-Пб.: Изд-во БГТУ, 1999, том 1. - С. 79-84.
6. Хлынова СИ. Влияние тепловых сбросов Назаровской ГРЭС на фитопланктон и первичную продукцию реки Чулым // Успехи современного естествознания. - 2003. - №4. - С. 101.
7. Хлынова СИ., Зайцев В.Ф. Гидробиологический режим реки Чулым в зоне действия Назаровской ГРЭС // Естественные науки. - 2004. - №8. - С. 55-67.

12981