УДК 567:78

КАЧЕСТВО ВОДНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

канд. биол. наук, доц. **Говоркова Л.К.**
канд. хим. наук **Анохина О.К.**
Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. *Наиболее масштабное однократное употребление воды - производство электроэнергии, в котором вода используется главным образом для охлаждения и конденсации пара, вырабатываемого турбинами тепловых электростанций. При этом вода нагревается в среднем на 7°С, после чего сбрасывается непосредственно в реки и озера, являясь основным источником дополнительного тепла - «теплового загрязнения водоемов». Науке известно огромное количество загрязнителей природных вод, которое пагубно влияет на здоровье населения, ведет к гибели рыб, водоплавающих птиц и других животных, а также к гибели растительного мира водоёмов. При этом не только ядовитые химические и нефтяные загрязнения, но и избыток органических и минеральных веществ, поступающих со смывом удобрений с полей, опасны для водных экосистем. Проблема сохранения качества воды является на данный момент самой актуальной.*

Ключевые слова: *энергетика, химическое загрязнение, тепловое загрязнение, гидробионты, тяжелые металлы, качество водной среды.*

1. Введение

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни. Среди природных богатств человечества большое значение имеют водные ресурсы, которые вовлекаются в общественное производство во всевозрастающих масштабах. Интенсивное развитие промышленности, сельского хозяйства, рост народонаселения служат причиной загрязнения водоемов, в них сбрасываются индустриальные, сельскохозяйственные и бытовые стоки [1, С. 32]. Загрязнения водоемов сточными водами может вызвать устойчивое загрязнение воды и пагубно влиять на фауну и флору водных источников. При этом портятся товарные качества рыбы как пищевого продукта, гибнет молодь и пищевые ор-

ганизмы, снижается продуктивность водоемов. Загрязнение водоемов может сказываться и на здоровье людей в виде инфекционных заболеваний и отравлений. Особенно опасны сбросы в водоем неочищенных или недоочищенных сточных вод, содержащих токсические вещества [2, С. 36].

Одной из наиболее острых и актуальных экологических проблем водоемов-охладителей объектов энергетики является их тепловое загрязнение. Мощные электростанции заметно нагревают воды в водоемах, на которых они расположены. Происходит это в результате поступления термически нагретых вод, сбрасываемых после охлаждения энергетического оборудования. Повышение температуры воды в водоеме, приводит к разрастанию сине-зеленых водорослей, в результате чего уменьшается концентрация растворенного в воде кислорода. Это является причиной гибели обитателей водоемов, не терпящих высоких температур. Повышение температуры воды может приводить к угнетению водных организмов, а при ограничении кормовой базы или превышении пороговых (летальных) температур к их гибели [3, С. 187].

Ухудшение кислородного режима водоемов-охладителей, приводящее к смерти рыб, приводит к сокращению численности стада ценных рыб и последующей замене ценных видов на сорные [4, С. 98]. Общее ухудшение характеристик среды обитания приводит к возникновению эпизоотий и появлению алиментарных болезней.

Воздействие многочисленных и мощных источников антропогенного химического, биологического и теплового загрязнения в условиях зарегулированного стока способствуют накоплению биомассы водорослей, среди которой значительная часть представлена цианобактериями. Отмирание и разложение в конце вегетации на ограниченных участках акватории водоема водной растительности приводит к резкому снижению кислорода в воде. Снижение pH водной среды способствует увеличению растворимости и подвижности ионов тяжелых металлов, их десорбции из донных отложений водоема-охладителя, перехода в воду токсичных солей тяжелых металлов. Из донных отложений увеличивается и поступление фосфора в водную среду, ускоряется процесс эвтрофирования [5, С. 35, 6, С. 185].

Химическое загрязнение является главным, как по масштабам распространения, так и по силе воздействия и приносит очень большой вред водоемам. К наиболее опасным химическим загрязнителям окружающей среды относятся ионы тяжелых металлов. Это обусловлено, прежде всего, их высокой токсичностью по отношению к гидробионтам и человеку. Опасность усугубляется тем, что металлы не подвер-

гаются химической и биологической деградации, как это свойственно органическим токсикантам, поэтому, попав однажды в окружающую природную среду, они лишь перераспределяются между биотическими и абиотическими звеньями, изменяя форму нахождения и взаимодействуя с различными категориями живых организмов [7, С. 86]. Особая опасность накопления тяжелых металлов в водоемах в том, что они сохраняются постоянно при любых условиях.

Ухудшение качества воды в загрязненных водоемах оказывает отрицательное влияние на условия нагула, питания, нереста рыб, снижает эффективность их естественного воспроизводства и, следовательно, численность популяции в целом [8, С. 71]. Наблюдается также снижение качества продуктов переработки промысловых рыб вследствие аккумуляции в их организмах различных токсикантов. Нефтепродукты, наряду с тяжелыми металлами, являются опасными загрязнителями водоемов. Они отличаются большой стойкостью, благодаря чему сохраняются в водоеме годами, не утрачивая своих ядовитых свойств [9, С. 99].

Способность водоемов к самоочищению не безгранична, и охрана их от загрязнения невозможна без максимального обезвреживания сточных вод. Если бы сточные воды не подвергались очистке, в считанные месяцы экосистемы внутренних водоемов полностью бы деградировали. Поэтому сброс неочищенных стоков повсеместно запрещен, требуемая степень очистки регламентируется законодательством. С помощью физических, химических и биологических методов сточные воды на очистных сооружениях доводятся до состояния, отвечающего определенным гигиеническим и биологическим требованиям. Различные вещества, остающиеся в сточной воде, не должны находиться в количестве, превышающем предельно допустимые концентрации (ПДК). Установление ПДК ведется с учетом гигиенических требований и интересов охраны экосистемы водоемов [1, С. 12].

2. Материалы и методы

Целью исследований, результаты которых изложены в данной работе, явилось определение влияния сточных вод Ульяновской ТЭЦ-1 на качество вод р. Свияги. Качество вод оценивалось по химическим и гидробиологическим показателям. В связи с этим были отобраны пробы воды и грунта в р. Свияге, а также гидробиологические пробы в весеннее-осенний период 2018-2019 годы. Пробы отбирались на разных станциях выше и ниже выпуска сточных вод Ульяновской ТЭЦ-1 (УТЭЦ-1).

Отбор, фиксация и хранение проб воды и грунта, а также определение в них тяжелых металлов производили в соответствии методическими указаниями [10, С. 56, 11, С. 17].

Отбор, фиксация, хранение гидробиологических проб, а также определение их качественного и количественного состава проводилось по стандартной методике [12, С. 123, 13, С. 7].

3. Результаты

В начале декабря 1946 года при автомобильном заводе была построена первая в Ульяновске теплоэлектроцентраль. С годами, постоянно расширяясь и совершенствуясь в соответствии с возрастающими потребностями города в тепле и электроэнергии, УТЭЦ-1 превратилась в мощное предприятие.

В 1973 году УТЭЦ-1 перешла на газ как на основной вид топлива. В настоящее время установленная электрическая мощность УТЭЦ-1 составляет – 435 МВт, установленная тепловая мощность – 1539 Гкал/час. ПП «Ульяновская ТЭЦ-1» Ульяновского филиала ОАО «Волжская ТГК» расположено в западной части г. Ульяновска на левом берегу р. Свияга на территории промышленной зоны (рис. 1).

Рис. 1. Участок р. Свияги в районе Ульяновской ТЭЦ-1

Ближайшая жилая застройка находится на расстоянии более 500м от границ промплощадки Ульяновской ТЭЦ-1. Площадь территории, арендуемой предприятием, составляет 93,246204га. На Ульяновской ТЭЦ-1 действует оборотная система водоснабжения с градирнями, используемая для охлаждения технологического оборудования, включающая две башенные градирни, площадью орошения 3200 м^2 (производительностью 25000 м^3/час) и 1600 м^2 (производительностью 12500 м^3/час). Циркуляционная вода четырьмя циркуляционными насосами типа 48Д-22 подается в цикл технического водоснабжения. При работе оборотной системы теряется некоторое количество воды, которое складывается из затрат циркуляционной воды на унос и испарение с градирен, продувки оборотной системы. Для восполнения потерь используется техническая вода, забираемая с Волжского водовода технической воды по договору с УМУП «Ульяновскводоканал». В реку Свияга сбрасываются сточные воды после механической очистки (отстоя) на отстойнике минерализованных стоков.

В составе сточных вод в водоемы сбрасывается большое количество различных загрязняющих веществ, которые включаются в трофические цепи и круговорот веществ. Поэтому для сохранения окружающей среды на УТЭЦ-1 были введены очистные сооружения. Формирование гидрохимического режима р. Свияги происходит под влиянием поверхностного и грунтового стока. Содержание кислорода в поверхностных и глубинных горизонтах р. Свияги не понижалось ниже 4,5-5,5 мг О/л, т.е. соответствовало нормативным значениям. Свияга относится к рекам с повышенной минерализацией (гидрокарбонатный характер с преобладанием ионов кальция в солевом составе). Минерализация воды р. Свияги колеблется в пределах 400-1100 мг/л. Неоднородность химического состава воды обусловлена подземным питанием реки, а также влиянием притоков.

Среднемноголетнее содержание органических и биогенных веществ в водах реки Свияги представлены в табл. 1.

В сточных водах различных промышленных предприятий, в том числе и УТЭЦ-1, содержится определенное количество таких загрязняющих, как тяжелые металлы. Они могут накапливаться в воде, в грунтах, в гидробионтах, в рыбах. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов в воде и грунтах р. Свияги представлены на рис. 2 и 3.

Наряду с химическими показателями воды были исследованы пробы по гидробиологическим показателям (фитопланктон и зоопланктона) и определено качество вод.

Таблица 1

Среднемноголетнее содержание органических и биогенных веществ р. Свияги, (мг/л)

Станции	pH	Минера-лизация	$БПК_5$	Хлориды	Сульфаты	Азот аммонийный	Нитриты	Нитраты	Фосфор	Железо
1	8,9	627	6,0	48,66	399,2	0,20	0,043	0,04	0,015	0,21
2	8,2	548	3,2	24,93	60,15	0,26	0,145	3,97	0,199	0,51
3	8,2	577	4,8	17,00	40,10	0,21	0,112	4,21	0,165	0,04

Примечание: 1 – место выпуска сточных вод; 2 – выше выпуска 100 м; 3 – ниже выпуска 200 м.

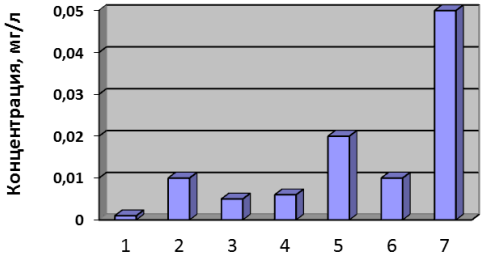

Рис. 2. Среднегодовая концентрация тяжелых металлов в воде р. Свияги:
1 – медь; 2 – цинк; 3 – кадмий; 4 – свинец; 5 – хром; 6 – марганец; 7 – нефтепродукты

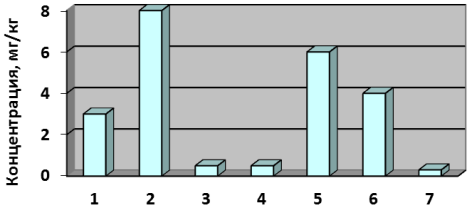

Рис. 3. Среднегодовая концентрация тяжелых металлов в грунтах р. Свияги:
1 – медь; 2 – цинк; 3 – кадмий; 4 – свинец; 5 – хром; 6 – марганец; 7 – нефтепродукты

Как известно, вода является необходимо важным компонентом жизнедеятельности человека. Воздействие сточных вод, сбрасываемых в водоемы, отрицательно влияют, как на обитателей водоемов, так и на людей. Загрязнение водоемов сильно сказывается на видовом составе обитающих организмов. Исчезают чистолюбивые виды, а появляются организмы, характерные для загрязненных участков. Вследствие чего подрывается продуктивность кормовой базы рыб, что в свою очередь проводит к дальнейшим глубоким последствиям. В настоящее время получил широкое применение контроль качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям [14, С. 155].

В пробах фитопланктона было обнаружено 171 таксонов водорослей рангом ниже рода из семи отделов. По числу видов преобладали диатомовые (Bacillariophyta) (39% от общего числа видов), затем следовали зеленые (Chlorophyta) (33%), сине-зеленые (Cyanophyta) (11%), золотистые (Chrysophyta) (6%), эвгленовые (Euglenophyta) и криптофитовые (Cryptophyta) (по 4%), динофитовые (Dinophyta) (2%) (рис. 4).

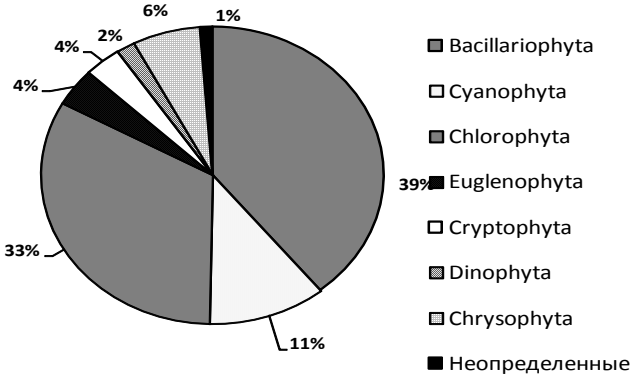

Рис. 4. Таксономический состав фитопланктона

Удельное видовое разнообразие в районе исследования в среднем составило 46±4,1 видов/станцию и колебалось от 30 до 66. Максимальное количество таксонов было встречено на станции, расположенной в месте выпуска стоков УлТЭЦ-1, а минимальное – в водохранилище в 50-ти метрах выше плотины у левого берега. На всех станциях в районе исследования по количеству таксонов преобладали диатомовые водоросли. Их доля колебалась от 43% (13 видов) до 57% (35

видов). Второй по значимости таксономической группой на исследованных станциях были зеленые водоросли, их доли варьировали от 25% (8 видов) до 30% (20 видов).

Биомасса фитопланктона в районе исследования колебалась от 1,7 до 5 мг/л, в среднем 2,9±0,3 мг/л. Максимальная биомасса фитопланктона была сосредоточена на станциях 3 и 8 в водохранилище в 50-ти метрах выше плотины у правого берега и в отстойнике минерализованных стоков УлТЭЦ-1.

В составе зоопланктона исследованного участка было выявлено 20 видов организмов зоопланктона, из них 12 видов коловраток, 2 видов ветвистоусых рачков и 3 вида веслоногих рачков (рис. 5). Число видов зоопланктона в пробах колеблется от 1 до 8, в среднем составляя 3±0,5 вида на одну пробу.

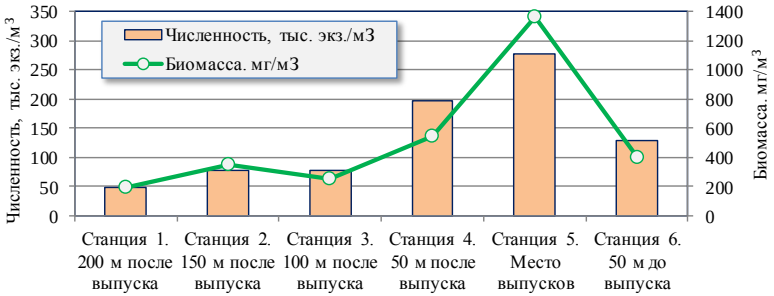

Рис. 5. Численность и биомасса зоопланктона по станциям в районе исследований.

4. Обсуждение

Анализ полученных результатов, показал, что в пробах воды содержание кадмия составляет меньше 0,005, а хрома меньше 0,02, что соответствует нормативам, так как ПДК кадмия в воде составляет 0,005 мг/л, а ПДК хрома – 0,02 мг/л. Концентрация свинца также находится в пределах нормы. Содержание меди не превышала предельно-допустимых концентраций, составляющих 0,001 мг/л. Содержание цинка в пробах воды находилось в пределах от 0,01 мг/л до 0,017 мг/л, марганца - в пределах от 0,01 мг/л до 0,013. При том, что ПДК по цинку составляет – 0,01 мг/л, а марганца – 0,01 мг/л. Концентрация нефтепродуктов в пробах воды р. Свияги и сбрасываемых водах ТЭЦ находится в пределах допустимых концентраций – 0,04 – 0,05 мг/л.

Существует большое количество нормативов содержания загрязняющих веществ в донных отложениях водоема. Это фоновые концентрации, используемые в США, Бельгии, Голландии, Нидерландах. Есть и такие нормативы, которые предлагаются в России на примере разных водоемов в различных регионах страны. Но дело в том, что грунты сильно отличаются друг от друга по своему составу. На разных водоемах стараются определить свои нормативы загрязняющих веществ в грунтах. Поэтому, лучше всего пользоваться нормативами тех пресноводных систем, грунты которых по составу похожи на грунты конкретно исследуемого водоема. Уже несколько лет на Куйбышевском водохранилище проводятся исследования грунтов и устанавливаются в них определенные нормативы загрязняющих веществ в донных отложениях. [15, С. 268]. Грунты Куйбышевского водохранилища Ульяновского плеса очень схожи по составу с грунтами исследуемого нами участка. Поэтому, мы опирались на эти предложенные нормативы. Превышение предельно допустимых концентраций исследуемых металлов в грунтах не наблюдается.

Таким образом, в пробах воды и грунтов р. Свияги в районе Ульяновской ТЭЦ-1 несомненно присутствуют определенные загрязняющие вещества, но их содержание не превышает предельно-допустимые концентрации.

В практике ранжирования уровня загрязнения воды широко применяется интегральный биологический показатель видового разнообразия (ИВР) – индекс Шеннона. Поэтому, качество воды на исследованных участках по фитопланктону определялось с помощью этого индекса. Также была определена степень загрязнения воды, характеризующаяся индексом сапробности. Для этого применен метод индикаторных зоопланктонных организмов по Пантле и Буку в модификации Сладечека [13, С. 7].

Видовое разнообразие сообщества зоопланктона в сентябре на исследованных участках небольшое. Индексы видового разнообразия изменяются на разных станциях от 0 до 2 (по численности) и от 0 до 2,8 (по биомассе). Средние по участку значения индексов равны 1,05±0,18 по численности и 0,75±0,22 по биомассе. Средний по исследованной акватории индекс сапробности (по численности) равен 1,53±0,06, что соответствует β-мезосапробной зоне, умеренно загрязненной степени, III классу качества воды. В целом, значения индекса на разных станциях изменяются от 1,3 (олигосапробная зона) до 2,1 (β-мезосапробная зона).

Видовое разнообразие сообщества зоопланктона в октябре очень низкое. Индексы видового разнообразия изменяются на разных станциях от 0 до 2,32 (по численности) и от 0 до 1,62 (по биомассе). Средние по участку значения индексов равны 1,05±0,041 по численности и 0,81±0,35 по биомассе. По исследованной акватории индекс сапробности (по численности) равен 1,75±0,08, что соответствует β-мезосапробной зоне, умеренно загрязненной степени, III классу качества воды (табл. 2).

Таблица 2

Интегральные показатели определения качества вод

№	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Индекс сапробности по Пантле и Буку	Зона сапробности	Характеристика качества воды
1	2,69	2,21	β-α-мезосапробная	Умеренно-загрязненная-загрязненная
2	2,30	1,57	β-мезосапробная	Умеренно-загрязненная
3	1,32	1,55	β-мезосапробная	Умеренно-загрязненная
4	2,18	1,55	β-мезосапробная	Умеренно-загрязненная
5	2,37	1,55	β-мезосапробная	Умеренно-загрязненная
6	1,93	1,50	олигосапробная	Чистая
7	1,62	1,55	β-мезосапробная	Умеренно-загрязненная
8	1,90	1,37	олигосапробная	Чистая
9	1,94	1,64	β-мезосапробная	Умеренно-загрязненная

Таким образом, значения ИВР на разных станциях отбора проб в осенний период находятся в пределах 0,18 – 1,62, а индекс сапробности изменялся от 1,3 до 2,1. Воды характеризуются как «умеренно-загрязненные» и относятся к III классу качества воды.

1. Заключение

Мощные электростанции заметно нагревают воды в водоемах, на которых они расположены. Летом, когда потребность в электрической энергии для кондиционирования воздуха очень велика и ее выработка возрастает, эти воды часто перегреваются. Понятие "тепловое загряз-

нение" относится именно к таким случаям, так как избыточное тепло уменьшает растворимость кислорода в воде, ускоряет темпы химических реакций и, следовательно, влияет на жизнь животных и растений в водоприемных бассейнах. В условиях температурного загрязнения происходит устойчивое повышение температуры в водоемах ГРЭС, что практически приводит к изменению температуры и изменению рыбоводной зоны по критерию температурного режима.

Повышение температуры воды также ускоряет химические и биохимические процессы, способствует интенсивному разложению органических веществ, оказывает влияние на газовый режим водоема, в результате могут возникать заморные явления и гибель рыбы в водоемах. Необходим постоянный мониторинг за качеством среды обитания гидробионтов в водоемах.

Библиографический список

1. **Валиев В.С., Закиров А.Г., Фролова Л.Л.** Методологические аспекты создания базы данных по содержанию тяжелых металлов в водных экосистемах // Эколого-ихтиотоксикологические аспекты мониторинга пресноводных объектов. Вып. 326. СПб, 2000. С. 66-69.

2. **Вундцеттель М.Ф.** Санитарная гидробиология. Рыбное: ВНИИПРХ, 2002. 62 с.

3. Биологический контроль окружающей среды Биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. М.: Академия, 2007. 288 с. [eLIBRARY ID: 19494668]

4. **Калайда М.Л.** Современное состояние и задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан / Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: мат. нац. научно-практ. конф. Саратов: Научная книга, 2016. С. 37-43.

5. **Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.** Потребление воды и ее дефицит: экологический аспект // Глобальные экологические проблемы России. М.: Наука, 2008. С. 35-92.

6. Формирование кислородного режима водоема-охладителя БГРЭС-1 / О.Г. Морозова, С.В. Морозов, Р.З. Пен, С.М. Репях // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2002. № 45(6). Р. 185-188.

7. **Демина Т.А.** Экология, природопользование, охрана окружающей среды. М.: Аспект пресс, 1995. 86 с. [eLIBRARY ID: 22295080]

8. **Комаровский Ф.Я., Полищук Л.Р.** Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграция, накопление, токсичность для гидробионтов // Гидробиологический журнал. 1981. № 17(5). С.71-83.

9. **Комов В.Т., Комаровский Ф.Я., Полищук Л.Р.** Содержание ртути в мышцах рыб из водоемов Северо-Запада России: причины интенсивного накопления и оценка негативного эффекта на состояние здоровья людей // Актуальные проблемы водной токсикологии. Борок: ИБВВ РАН, 2004. С. 99-123. [eLIBRARY ID: 21547482]

10 Инструкция по отбору и консервированию проб для анализа на содержание токсичных веществ. М.: ВНИИПРХ, 1984. 14 с.

11. Методика выполнения измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы и хрома в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектрометрии. ПНД Ф 14.1:2:4.140-98. М., 1998. 28 с.

12. **Березина Н.А.** Гидробиология. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 360 с.

13. **Sladecek V.** System of water quality from the biological point of view. H. 7. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1973. 218 p. DOI: 10.1002/iroh.19740590412.

14. **Садчиков А.П.** Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.

15. **Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Яковлев В.А.** Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос и бентосоядные рыбы. Казань: Академия наук РТ, 2004. 268 с.

QUALITY OF HYDROBIONT`S AQUATIC HABITAT NEAR A THERMAL POWER PLANT

L.K. Govorkova and O.K. Anokhina
Kazan state power engineering university, Kazan

Abstract. The largest momentary use of water is electrical power production where water is mainly used for cooling and condensation of steam being generated by the power station`s turbines. During this process water is heated on average of 7°C following which it is dumped directly into rivers and lakes creating additional heating - so-called «water`s thermal pollution». Science knows many natural water contaminants which are harmful to the health of a population, lead to mortality of fish, water birds, other creatures, and also destroy aquatic plants living in the water. Besides, not only poisonous chemical and oil pollutants but also an excessive amount of organic and mineral matter, washed out from the fields, are harmful to the aquatic ecosystems. The issue of water quality control is the most pressing issue these days.

Keywords: power industry, chemical pollution, thermal pollution, hydrobionts, heavy metals, quality of the aquatic environment.