

**ФГБУ "Российский фонд фундаментальных исследований"
Правительство Тверской области
Тверское региональное общественное движение по поддержке
молодых ученых "Ассоциация молодых ученых Тверской области"
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»**

**ТРУДЫ
РЕГИОНАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ 2017 ГОДА
В СФЕРЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Сборник научных трудов

Тверь, 2017

УДК 001.89(470.33)(082.2)

ББК Ч25я43

Т78

Труды региональных научных проектов Тверской области 2017 года в сфере фундаментальных исследований // Под ред. В.М.Самсонова, С.В.Жукова – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017 – 84 с.

ISBN 978-5-7609-1294-7

Сборник научных трудов включает материалы исследований, проведенных в 2017 году в рамках регионального конкурса научных проектов ФГБУ "Российский фонд фундаментальных исследований" и Правительства Тверской области.

В статьях, представленных в авторской редакции, отражены актуальность и значимость исследований для региона, их новизна, данные по апробации и предложения по внедрению.

Издание предназначено для работников управленческих структур, научных, инженерно-технических и педагогических работников, учащихся и краеведов.

ISBN 978-5-7609-1294-7

© ФГБУ "Российский фонд фундаментальных исследований", 2017

© Правительство Тверской области, 2017

© Коллектив авторов, 2017

© ТРОД "Ассоциация молодых ученых Тверской области", 2017

© ФГБОУ ВО "Тверской государственный университет", 2017

ВЛИЯНИЕ КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ НА СОВРЕМЕННОЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ- ОХЛАДИТЕЛЕЙ

Кузовлев В.В. *, Григорьева И.Л. **, Комиссаров А.Б. **, Чекмарёва Е.А. **

* Тверской государственный технический университет, г. Тверь
** Институт водных проблем Российской академии наук, филиал
Иваньковская НИС, г. Конаково, Тверская область

Аннотация. Проведены предварительные исследования влияния сброса теплых вод двух крупных объектов Тверской области Калининской АЭС и Конаковской ГРЭС на гидрохимический и гидробиологический (фитопланктон и высшая водная растительность) режимы водоемов-охладителей: озера Песьво, Удомля и Мошковичский залив Иваньковского водохранилища. Проведены рекогносцировочные исследования загрязненности донных отложений водоемов-охладителей. Установлено, что сброс теплых вод, в основном, влияет на температурный режим водоемов, что влечет за собой изменение видового состава и видового разнообразия фитопланктона и высшей водной растительности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Тверской области в рамках научного проекта № 17-45-690600.

Ключевые слова. Калининская АЭС, Конаковская ГРЭС, озера Песьво и Удомля, Иваньковское водохранилище, Мошковичский залив, термический режим, гидрохимический режим, донные отложения, фитопланктон, видовой состав, высшая водная растительность.

Исследование выполнено в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Тверской области научного проекта № 17-45-690600.

В настоящее время на тепловых и атомных электростанциях вырабатывается около 50% электроэнергии, производимой в мире. В своем производственном цикле ГРЭС и АЭС используют большое количество воды для охлаждения агрегатов. Известно, что современная АЭС мощностью 1 млн. кВт забирает в сутки 1 млн. м³ воды и сбрасывает ее в водоем с температурой на 12-15°С выше, чем температура исходной воды [4, 12].

Забор воды производится из водохранилищ речного типа (например, Ивановского), озерного типа (например, озероохладителей Калининской АЭС Песьво и Удомля) или специально созданных для этих целей водоемов. Для водоемов-охладителей свойственны специфические черты гидродинамического, гидрофизического, гидрохимического и гидробиологического режимов, что позволило отдельным авторам [7] выделить эти водоемы в особый класс. Интенсивное строительство ГРЭС и АЭС в 60-70-х годах прошлого столетия вызвал повышенный интерес исследователей к проблеме влияния сброса теплых вод на экологическое состояние водных объектов. Результаты исследований были обобщены в многочисленных публикациях и материалах конференций [3, 4, 8-10, 12, 15, 16, 18, 21].

Стремительное развитие тепловой и атомной энергетики во второй половине XX века привело к тому, что водоемы-охладители уже сейчас являются достаточно распространенным типом водных объектов и, по-видимому, в ближайшие десятилетия их количество может еще увеличиться.

Под воздействием тепловых сбросов в водоемах-охладителях возникают активные гидродинамические зоны транзитного потока, т.е. направленного движения теплой и холодной воды, образуются водоворотные зоны циркуляции. Наличие такой сложной гидродинамической структуры определяет многие важные для водоемов-охладителей особенности: формирование и движение водных масс; термический, газовый и биогенный режимы; перемещение и осаждение минеральных и органических взвесей; процессы самоочищения воды, а также условия обитания флоры и фауны [3].

Сброс подогретых вод в водоемы-охладители может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на их естественные режимы. В зависимости от системы технического водоснабжения ТЭС (АЭС) (оборотная, прямоточная, смешанная), типа и параметра водоема (форма, глубина, проточность) в водоемах-охладителях создаются своеобразные термические условия, сказывающиеся на биологическом режиме и, следовательно,

но, на техническом и санитарном качестве воды [3].

В [3] показано, что степень нагрева водной толщи водоема-охладителя в зависимости от тепловой нагрузки на его акваторию может быть различной. В зависимости от степени нагрева происходят те или иные изменения в экосистеме водоемов (табл. 1). Исследования температурного режима водоемов-охладителей Калининской АЭС авторов [8] выявили, что наиболее значительное превышение естественного фона отмечено в зимний период. В весенне-летний период температура воды в озерах обычно на 4,3-11,1° С выше естественных значений (табл. 2).

Таблица 1

Классификация водоемов-охладителей от степени нагрева воды, по [3]

Степень нагрева воды в водоеме-охладителе	Тепловая нагрузка в теплый период года, Вт/м ²	Повышение температуры воды в водоеме-охладителе по сравнению с естественной в наиболее жаркую декаду, °С	Изменение режима водоема-охладителя, вызванные нагревом воды
Слабая	50-100	0,5-1,5	Гидрохимический и гидробиологический режимы изменены незначительно, удлинение вегетационного периода вызывает интенсификацию развития планктона
Умеренная	150-200	5-6	Количество биомассы гидробионтов возрастает в несколько раз
Значительная	250-300	Более 6	Заметно снижается биологическая продуктивность; ухудшается экологическое состояние при сбросе в водоем плохо очищенных сточных вод

Степень воздействия тепловых вод ТЭС зависит от тепловой нагрузки и региональных особенностей водоема-охладителя [21]. В случае одинаковой (например, умеренной) тепловой нагрузки соответствующие изменения изученных параметров более отчетливо проявляются в водоемах, расположенных южнее (например, в Новотроицком водохранилище по сравнению с Иваньковским).

Влияние подогретых вод ТЭС отражается, прежде всего, в изменении функциональных характеристик бактерио- и фитопланктона: деструктивная биохимическая активность бактерий

повышается, а фотосинтетическая активность водорослей снижается [21].

Таблица 2

Максимальные значения температуры воды, отмеченные в озерах-охладителях Калининской АЭС в январе-июне 2014 г.

Месяц	Оз. Молдино, естественные условия	Вход в оз. Песьво	Выход из оз. Песьво	Вход в оз. Удомля	Выход из оз. Удомля
январь	ледостав	22.6	16.2	18.2	14.6
февраль	ледостав	19.7	12.2	15.0	11.7
март	ледостав	22.2	15.8	17.2	15.7
апрель	13.1	24.2	20.8	20.2	20.4
май	24.4	34.8	32.4	30.0	28.8
июнь	24.3	33.4	31.0	29.4	28.6

Исследования, проведенные [18], позволили выявить негативное влияние теплового сброса на ихтиофауну Иваньковского водохранилища. Были установлены предельные температуры воды для рыб и беспозвоночных:

- а) до 26°C не наблюдается вредного воздействия;
- б) в пределах $26-30^{\circ}\text{C}$ наступает состояние угнетения жизнедеятельности рыб и беспозвоночных;
- в) при температуре выше 30°C наблюдается вредное воздействие на биоценоз, степень его зависит от экологических условий;
- г) при температуре $34-36^{\circ}\text{C}$ возникают летальные условия для рыб и некоторых водных организмов.

Состояние угнетения жизнедеятельности рыб и беспозвоночных при температуре выше 26°C подтверждается многочисленными данными: замедлением или приостановкой роста молоди рыб, снижением интенсивности питания, угнетением развития кормовой базы, обеднением ихтиофауны, усилением токсичности вредных веществ, нарушением координации движения и даже гибелью некоторых видов рыб.

Тепловое загрязнение водоема часто приводит к изменению видового состава фитопланктона, что показано в работе [8].

Анализ литературных данных показал, что большинство исследований было посвящено влиянию сброса теплых вод на гидробионтов, тогда как вопросы изменения химического состава воды и донных отложений под влиянием подогретых вод освещены довольно слабо. Отсутствуют прогнозные оценки изменения гидроэкологического состояния водоемов-охладителей в ус-

ловиях всеобщего потепления климата. В последние годы интерес исследователей нашей страны к влиянию тепловых и атомных электростанций на экологическое состояние водоемов значительно снизился, хотя эта тематика по-прежнему актуальна в мире. За многие десятилетия функционирования ГРЭС и АЭС в водоемах-охладителях произошли значительные изменения качества воды и донных отложений, что может быть выявлено только в результате специальных исследований.

Объекты теплоэнергетики могут оказывать негативное влияние на окружающую среду и, в частности, на природные водоемы, используемые в качестве охладителей. Чтобы выявить характер и степень такого влияния необходимо проведение независимого экологического мониторинга.

В Тверской области расположены два крупных объекта теплоэнергетики: Калининская АЭС и Конаковская ГРЭС, которые производят сброс подогретых вод соответственно в озера Песьво и Удомля и Мошковичский (встречается также название «Мошковский») и «Мошковический») залив Иваньковского водохранилища. Озера Песьво и Удомля являются объектом рекреационного использования и любительского рыболовства для местного населения. Иваньковское водохранилище – объект рекреационного использования и любительского рыболовства для жителей Твери, Конаково и других населенных пунктов, расположенных по его берегам, а также один из источников питьевого водоснабжения крупного мегаполиса – г. Москвы.

Для того чтобы предотвратить развитие негативных процессов в водоемах-охладителях необходимо оценить их современное гидроэкологическое состояние и выработать практические рекомендации по экологической реабилитации водоемов.

Целью наших исследований было изучение влияния сброса теплых вод на гидроэкологическое состояние водоемов-охладителей Калининской АЭС (озер Песьво и Удомля) и Мошковичского залива Иваньковского водохранилища. Предварительные результаты представлены ниже.

Результаты исследования влияния Калининской АЭС на гидроэкологическое состояние водоемов-охладителей. Калининская АЭС расположена на севере Тверской области, примерно в 120 км от г. Твери. Площадка АЭС находится на южном берегу оз. Удомля, около одноименного города, в 2,7 км восточнее оз. Песьво. Озера соединены между собой прорезью (рис. 1). В озеро

Песью поступают сточные воды от г. Удомли, численность населения которого составляет 29 тыс. человек. Озера также используются для товарного рыборазведения и в рекреационных целях местным населением.

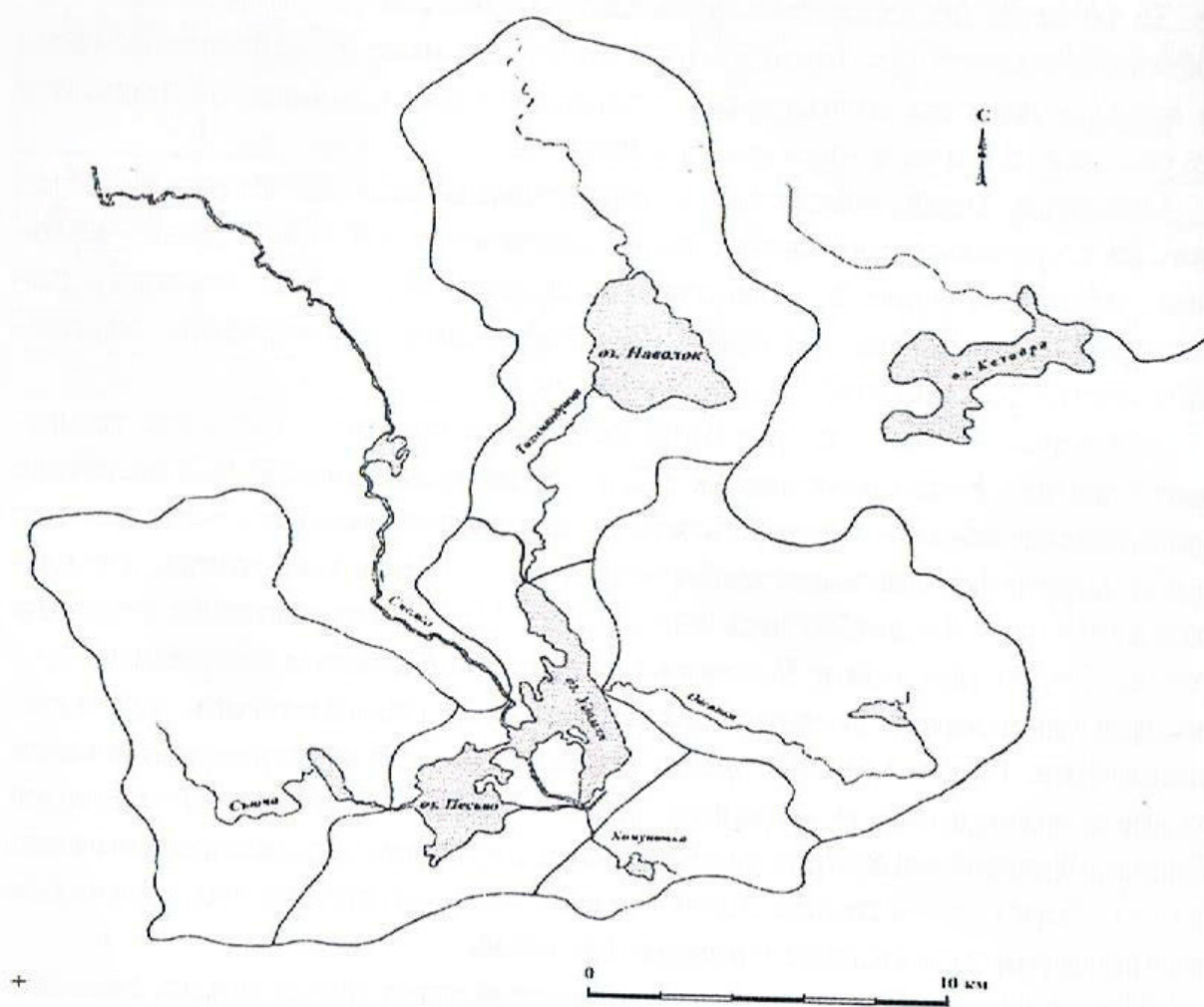


Рис.1 – Схема водосборных бассейнов исследуемых озер и их притоков

Станция состоит из четырех энергоблоков с реакторами типа ВВЭР-1000 электрической мощностью 1000 МВт, которые были введены в промышленную эксплуатацию в 1985, 1987, 2005 и 2012 гг.

Исследования проводились авторами в различные сезоны 2014 г. в мае, июле и сентябре 2017 г. Точки отбора проб воды представлены на рисунке 2. Химический анализ отобранных проб воды был выполнен в химической лаборатории Ивановской НИС Института водных проблем РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21AN96).



Рисунок 2 – Точки отбора проб воды на оз. Удомля и Песьво.

■ – в 2014 г., ● – в мае 2017 г.:

- 1 – оз. Песьво, д. Митрошино; 2 – оз. Песьво, выпуск из о/с г. Удомли; 3 – отводящий канал от КАЭС в оз. Песьво; 4 – отводящий канал от КАЭС в оз. Удомля; 5 – оз. Удомля, устье Тихомандрицы; 6 – р. Съежа, ниже плотины; 7 – протока из оз. Песьво в оз. Удомля; 8 – оз. Удомля, устье р. Овсянка; 9 – контрольная точка КАЭС; 10 – район д. Троица (прорезь между озерами); 11 – оз. Удомля, напротив плотины на р. Съежа; 12а – оз. Удомля, о. Двиново (поверхность); 12б – оз. Удомля, о. Двиново (дно).

Изучение химического состава воды проводилось на водосмах-охладителях Калининской АЭС (озерах Песьво и Удомля), фоновых озерах (Наволоч и Кезадра) и в истоке р. Съежа, которая вытекает из водохранилища.

Озера Наволоч и Кезадра, находящиеся вне зоны влияния по-

догретых вод атомной станции, выбраны в качестве фоновых объектов для сравнения показателей качества воды в этих озерах и в озерах-охладителях. Аналогом мелководного озера-охладителя Песьво служит мелководное озеро Наволок, глубоководного озера-охладителя Удомля – глубоководное озеро Кезадра. Все исследуемые водные объекты за исключением оз. Кезадра принадлежат бассейну Балтийского моря. Сток в Балтийское море происходит в следующем порядке: озера Удомля и Песьво – р. Съежа – р. Уверь – р. Мста – оз. Ильмень – р. Волхов – Ладожское озеро – р. Нева – Финский залив Балтийского моря. Озеро Кезадра принадлежит бассейну Каспийского моря, сток в которое происходит в следующем порядке: оз. Кезадра – р. Кеца – р. Молога – р. Волга – Каспийское море.

Озера Удомля и Песьво соединены между собой короткой протокой (длиной около 100 м и шириной 60 м) и с 1984 г. после строительства Калининской АЭС используются в качестве единого водоема-охладителя. С момента постройки плотины на р. Съеже (в 1984 г.) уровень воды в озерах искусственно регулируется и водоем носит название водохранилища Калининской АЭС общей площадью водного зеркала 21,2 км². Водосборная площадь водохранилища 400 км². Основные параметры водохранилища представлены в таблице 3.

Таблица 3
Параметры водохранилища Калининской АЭС

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Нормальный подпорный уровень (НПУ)	м БС	156,25
Уровень мертвого объема (УМО)	м БС	154,00
Форсированный подпорный уровень (ФПУ)	м БС	157,30
Площадь зеркала при НПУ	км ²	21,2
Площадь зеркала при УМО	км ²	16,4
Мертвый объем	млн. м ³	111,8
Полезный объем	млн. м ³	44,6
Полный объем	млн. м ³	156,4

О з е р о Н а в о л о к – самое большое по площади (12,4 км²) из всех озера в исследуемом бассейне. Средняя глубина озера 2,3 м, максимальная – 3,4 м, толщина слоя сапропелевых отложений до 10 м. Водосборная площадь 105 км². Берега пологие, заболоченные. В озеро впадает единственный приток – руч. Черный, протекающий по сильно заболоченной местности. Вытекает р. Тихомандрица, впадающая в водохранилище Калининской АЭС.

Озеро Кезадра котловинного типа имеет площадь 8,7 км², длину 6,6 км, среднюю ширину 1,3 км. Глубина средняя 5,6 м, максимальная – 20,7 м. Водосборная площадь 120 км². Берега местами низменные, заболоченные, местами высокие, суходольные, покрытые хвойными и мелколиственными лесами. На водосборе преобладают низинные болота. В озеро впадают р. Песчанка, ручьи Кулик и Сосновик, вытекает р. Кеза. Основная котловина озера имеет чрезвычайно сложный рельеф дна с глубокими (15-20 м) ямами, отмелями и островами. На берегах расположены две жилые деревни Елейкино и Ханеево.

Река Съежа берет свое начало из оз. Удомля и впадает в р. Уверь. Длина реки 104 км, площадь бассейна в устье 1240 км², в истоке (у дер. Стан) – 400 км². Сток воды из водохранилища в Съежу с 1987 г. регулируется плотиной, расположенной в 1,2 км от истока реки. В верхнем 10-километровом участке ширина реки 10-15 м, преобладающая глубина 0,5-0,7 м, скорость течения 0,1-0,2 м/с. На реке Съеже у дер. Стан (с. Николо-Стан) существовал водомерный пост, на котором в разные годы (в период с 1929 по 1980 гг.) велись регулярные наблюдения за расходом воды.

По условиям режима и питания реки исследуемого района (по классификации Б.Д.Зайкова) относятся к восточно-европейскому типу рек с характерным высоким весенним половодьем при таянии снега, низкой летней и зимней меженью, почти ежегодными дождевыми паводками осенью и зимой. Основным источником питания рек – талые снеговые воды. По физико-географическим условиям реки исследуемой территории принадлежат к Вышневолоцко-Бологовскому гидрологическому району. Это типичная холмисто-моренная равнина озерной полосы Европейской части России. Реки данного района неотделимы от озер и образуют вместе с ними сложные озерно-речные системы. Большое количество осадков, обилие озер, связанных с реками, наличие в бассейнах рек крупных массивов леса и гидротехнические сооружения создают благоприятные условия для равномерного распределения стока в году. Коэффициенты естественной зарегулированности изменяются в пределах 0,65-0,75, доля весеннего стока в данном районе, как правило, не превышает 50% от годового. О внутригодовом распределении стока рек в районе Калининской АЭС можно судить по данным многолетних наблюдений за расходами воды на водомерном посту в истоке р. Съежи (до строительства гидроузла), собирающей воды со всего исследуемого водосбора. По данным водомерного поста р. Съежа – д. Стан

наибольший расход воды составил $36,1 \text{ м}^3/\text{с}$ (8.05.1929 г.), наименьший – $0,13 \text{ м}^3/\text{с}$ (6.09.1972 г. и 20.08.1975 г.). Весеннее половодье начинается в среднем в первой декаде апреля и продолжается около 30 дней. Спад весеннего половодья происходит менее интенсивно, чем подъем. Быстрое падение уровней (и расходов) воды характерно лишь в первые дни после пика половодья, а затем интенсивность спада уменьшается. Половодье заканчивается в третьей декаде мая – первой декаде июня. Период летне-осенней межени составляет в среднем 140-160 дней. Межень обычно прерывается паводками, число которых бывает от 3 до 8 в году. Наинизшие уровни в период летне-осенней межени наступают преимущественно в августе. Зимняя межень обычно устойчивая. Наиболее низкие уровни воды отмечаются в третьей декаде марта. В отдельные годы в первую половину зимы отмечаются зимние паводки или зажорные подъемы воды. Ледостав устанавливается в первой декаде ноября и длится 100-120 дней.

Вскрытие рек происходит обычно в первой декаде апреля. Средняя продолжительность весеннего ледохода 4-6 дней. На территории района сосредоточены многочисленные мелкие и крупные озера. Они имеют форму узких ложбин, вытянутых в северо-западном и меридиональном направлениях. Берега их извилисты и часто заболочены. Питание происходит также за счет весеннего таяния снега, летних дождей и грунтовых вод. Весенний подъем уровня воды в озерах обычно начинается во второй декаде апреля, высота подъема колеблется от 0,6 до 3 м. Наивысшие уровни наблюдаются дважды в год: весной в период вскрытия водоема (в третьей декаде апреля – первой декаде мая) и осенью. Наинизшие уровни наблюдаются летом и зимой. Спад уровней воды плавный, но в отдельные годы его нарушают летние дождевые паводки, высота подъема уровня после которых достигает 0,2-0,4 м. Замерзание озер наблюдается в конце ноября, вскрытие – в конце апреля. Озера Песьво и Удомля служат водоемами-охладителями для Калининской АЭС и, в связи с этим, зимой не замерзают.

Отбор проб воды на гидрохимический анализ проводился с февраля по декабрь 2014 г. ежемесячно, а также в мае, июле и октябре 2017 г. Пробы отбирались в 30-40 м от берега: в период открытой воды – с моторной лодки, во время ледостава – со льда (табл. 4, 6). Схема отбора проб представлена на рисунке 2.

Количественный химический анализ воды был произведен в аккредитованной лаборатории Ивановской НИС по общепри-

нятым методикам [23]. Параллельно проводился отбор проб на исследование фитопланктона в соответствии с принятой в альгологии методикой [3]. Фильтрация и концентрирование проб проводились через мембранные фильтры «Владипор» с размером пор 1 мкм. Определение видов и внутривидовых таксонов осуществлялось на микроскопе Carl Zeiss Primo Star при увеличении 400. Подсчет численности клеток производился в камере «Учинская-2» объемом 0,01 см³, оценка биомассы – счетно-объемным методом [14].

Проведенные исследования показали, что гидрохимический состав воды в водоемах-охладителях АЭС практически однороден по большинству показателей, отличия наблюдались в месте выпуска коммунально-бытовых и промышленных сточных вод от г. Удомли (табл. 4).

Таблица 4

Гидрохимические показатели в водоемах-охладителях Калининской АЭС в основные фазы водного режима в 2014 г. (диапазон изменений по станциям)

Показатели	Месяцы				
	Февраль	Апрель	Июль	Октябрь	Декабрь
Температура, °С	0,1–11,7	9,2–13,6	27,4–33,2	12,4–17,2	0,6–12,0
рН, единицы	8,01–8,12	8,00–8,72	7,55–8,75	7,41–8,29	7,74–8,36
Минерализация, мг/дм ³	246–328	209–373	253–263	284–315	300–416
Ж _{общ} , мг-экв/дм ³	3,0–3,7	2,4–4,4	2,9–3,1	3,3–3,6	3,7–4,6
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	159–201	134–220	171–177	190–201	201–287
Са ²⁺ , мг/дм ³	44–55	38–67	44–47	49–56	51–76
Мg ²⁺ , мг/дм ³	5–14	6–13	8–10	7–13	10–30
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	14–16	13–24	12–13	4–17	11–17
Сl ⁻ , мг/дм ³	7–15	7–22	8–9	10–13	10–26
Fe _{общ} , мг/дм ³	0,08–0,16	0,05–0,17	0,04–0,08	0,04–0,12	0,09–0,15
Р _{общ} , мгР/дм ³	0,100–0,447	0,056–0,698	0,040–0,052	0,096–0,251	0,122–1,467
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,54–3,30	0,73–4,00	0,26–0,35	0,09–0,15	0,09–11,10
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	2,40–13,20	1,2–11,6	0,48–0,68	0,9–4,0	1,6–10,5
Цветность, градусы	45	35–50	35	30	30–35
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,3–3,9	0,6–4,3	1,2–2,3	1,1–2,5	1,0–7,8
ПО, мгО/дм ³	13–15	11–18	14–16	12–16	11–14
ХПК, мгО/дм ³	31–39	31–44	34–47	30–47	28–43
О ₂ , мгО ₂ /дм ³	8,0–11,9	8,9–16,0	6,7–10,3	6,7–8,2	6,9–10,9

Примечание: Ж_{общ} – жесткость общая, Р_{общ} – фосфор общий, БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток, ХПК – химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ПО – перманганатная окисляемость, О₂ – растворенный кислород

На большинстве станций отмечались превышения температуры воды относительно естественного фона. Воды озер в 2014 г.

относились к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, по степени минерализации являлись пресными, по величинам жесткости – мягкими, по значениям рН – слабощелочными и щелочными [2, 17]. Кислородный режим был благоприятным: концентрация растворенного кислорода постоянно находилась выше установленных норм для зимнего (не менее $4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) и летнего (не менее $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) периодов. Концентрации биогенных элементов и показателей содержания органических веществ – ионов аммония, нитратов, общего фосфора, перманганатной и бихроматной окисляемости, БПК₅ – на большинстве станций не выходили за рамки установленных нормативов ПДК_{рыб-хоз.} Значительные превышения по содержанию общего фосфора, аммонийного азота, нитритов и нитратов наблюдались в месте выпуска сточных вод (точка наблюдений – 2). В целом, в оз. Песьво наблюдались более высокие концентрации биогенов по сравнению с оз. Удомля, что может быть связано со сбросом в оз. Песьво коммунально-бытовых сточных вод МУП ЖКХ г. Удомля.

В составе фитопланктона в 2014 г. было идентифицировано 167 видов, разновидностей и форм водорослей из 8 отделов, что сопоставимо с разнообразием флоры в первые годы после запуска АЭС (1985 г.), а также сравнимо с богатством водорослей в 2007 и 2008 гг. Максимальное число видов, разновидностей и форм фитопланктона было отмечено в 2010 г. – до запуска четвертого энергоблока в 2012 г. (табл. 5).

Таблица 5

Изменение таксономического разнообразия фитопланктона в водоёмах-охладителях Калининской АЭС с 1985 по 2014 гг. (2010 и 2014 гг. – собственные данные, остальные даны по [5])

Отделы	Годы исследования											
	1984	1985	1991	1993	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2010	2014
Зелёные	39	81	32	29	35	21	29	11	38	48	74	72
Диатомовые	39	43	34	17	7	12	10	31	70	89	55	51
Цианобактерии (Синезеленые)	16	19	9	10	11	8	11	6	22	22	15	14
Эвгленовые	2	5	-	-	6	6	6	-	1	-	13	12
Золотистые	3	1	-	-	-	2	-	-	2	1	4	6
Динофитовые	2	3	-	-	3	2	2	-	3	-	3	3
Желтозеленые	1	-	-	-	-	-	-	5	-	5	2	1
Криптофитовые	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
Всего	102	152	75	69	62	51	58	51	136	165	174	167

Примечание: «-» – не обнаружены

Основу альгофлоры формировали зеленые и диатомовые водоросли. Согласно ранее проведенным исследованиям таксономическое разнообразие водорослей начало снижаться с 1985 г., а с 2007 г. – стало возрастать [20]. Влияние подогрева вод в первые годы работы АЭС отразилось на увеличении видового разнообразия, однако в последующие годы число таксонов снизилось из-за постоянного воздействия высоких температур от сброса подогретых вод.

Стоит отметить исчезновение в 2014 г. десмидиевых водорослей и появление с 2010 г. криптофитовых. Десмидиевые водоросли предпочитают воды с более низкими величинами рН, поэтому их выпадение из состава альгофлоры может быть связано с возрастанием рН в озерах-охладителях. Появление криптофитовых водорослей может быть связано с возрастающей антропогенной нагрузкой на экосистемы озер, поскольку представители этого отдела обитают в широком температурном диапазоне, устойчивы к загрязнению окружающей среды и могут переходить на гетеротрофный тип питания (например, питаться бактериопланктоном).

Общая численность фитопланктона изменялась в течение года от 124 тыс.кл./л до 3.4 млн.кл./л, общая биомасса – от 0,033 до 5,424 мг/л, достигая минимальных величин в сентябре, максимальных – в марте и апреле. Влияние термического режима озер-охладителей сказалось на снижении численности и биомассы водорослей в летний период, когда температура воды достигала высоких значений и превышала естественный фон, что угнетало вегетацию флоры планктона.

Основу численности формировали в разные месяцы и сезоны зеленые, криптофитовые, диатомовые водоросли и цианобактерии, тогда как основу биомассы – диатомовые водоросли при участии криптофитовых в зимне-весенний период и зеленых – в летне-осенний (рис. 3). Состав комплекса доминирующих по численности и биомассе водорослей планктона достаточно сильно изменялся в течение года.

По численности преобладали в зимнее время цианобактерии *Oscillatoria planctonica* Woloszynska, *O. limnetica* Lemmermann, *Lyngbya limnetica* Lemmermann и криптомонада *Chroomonas acuta* Utermohl. Весной – представитель зелёных *Monogaphidium contortum* (Thuret) Komarkova-Legnerova и диатомеи *Melosira varians* Agardh, *Diatoma vulgare* Bory, *Gomphonema olivaceum* (Horneman) Brebisson, *Fragilaria construens* (Ehrenberg) Grunow. В

летний период доминировали зелёные *Pediastrum duplex* Meyen, *Scenedesmus acutus* Meyen, *S. communis* Hegewald. Осенью к перечисленным выше зеленым водорослям присоединились цианобактерии *Oscillatoria agardhii* Gomont, *Oscillatoria* sp. и *Gloeocapsa* sp.

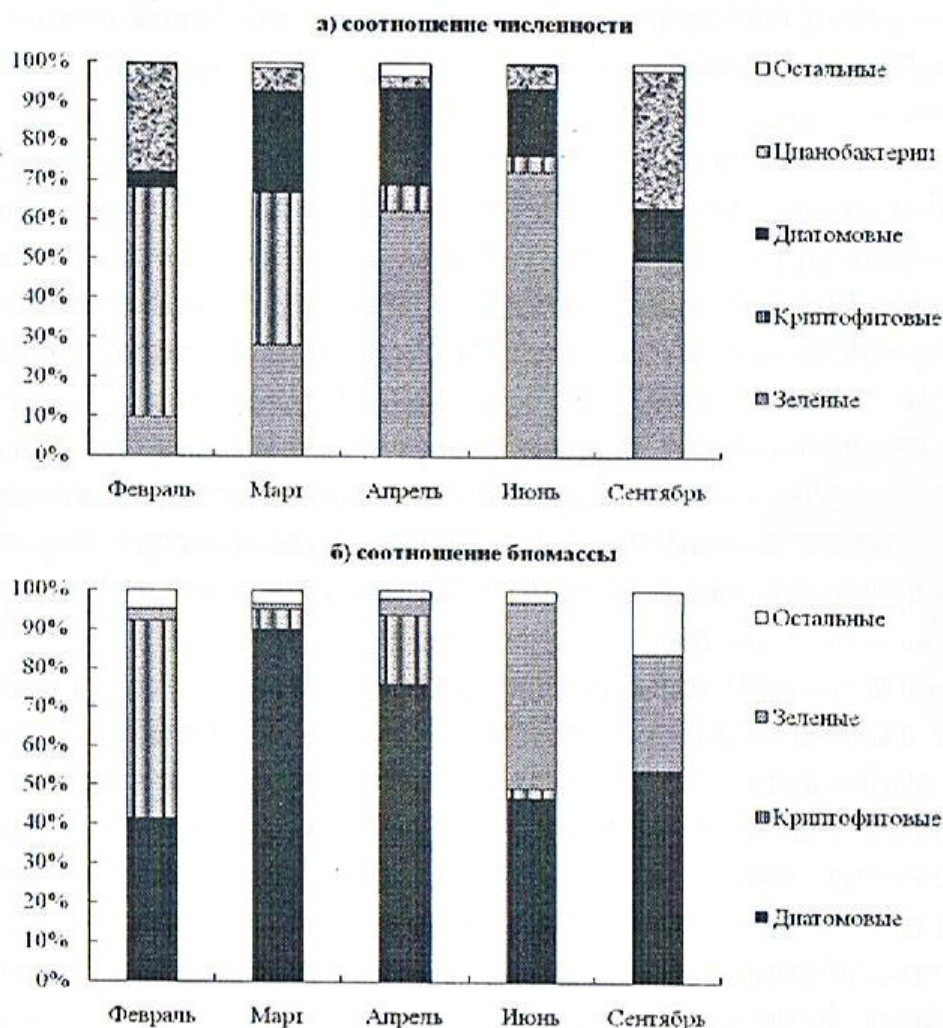


Рис.3 Соотношение численности и биомассы основных отделов водорослей планктона озер-охладителей Калининской АЭС в 2014 г.

По биомассе в 2014 г. доминировали представители диатомовых водорослей при участии криптофитовых в зимне-весенний период и зеленых – в летне-осенний. Зимой и весной преобладали диатомеи *Stephanodiscus neoastrea* Hakansson & Hickel, *Aulacoseira amigua* (Grunow) Simonsen, *Melosira varians*, *Nitzschia sigmaidea* (Nitzsch) W. Smith, *Navicula capitata* Ehrenberg, *Diatoma vulgare*, *Gomphonema olivaceum* и криптофитовые *Chroomonas acuta* и *Cryptomonas marssonii* Skuja. Летом и осенью доминировали диатомовые *Aulacoseira granulata*, *A. Ambigua* и *Stephanodiscus hantzschii* Grunow при участии зелёных *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus communis* и *S. acutus*.

В июле и октябре 2017 г. был выполнен отбор проб воды на определение гидрохимических показателей по расширенному списку створов. В таблице 6 приведены данные по трем створам наблюдений: 1 – оз. Песьво у выпуска с ОС г. Удомля; 2 – протока из оз. Песьво в оз. Удомля у д. Троица; 3 – оз. Наволок.

Таблица 6

Гидрохимические показатели в водоемах-охладителях Калининской АЭС и оз. Наволок летом и осенью 2017 г.

Дата	Ед. изм.	18 июля 2017 г.			03 октября 2017 г.		
		1	2	3	1	2	3
Показатель							
рН	ед.рН	8,15	8,28	7,40	7,76	7,82	7,09
Электропроводность	mSm/m	32,2	32,1	10,3	31,0	31,2	9,5
Щелочность общая	мг-экв/дм ³	3,4	3,1	1,2	2,9	3,1	1,0
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	3,20	3,28	1,20	2,90	2,98	1,22
Гидрокарбонаты, HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	207,5	189,2	73,2	177,0	189,2	61,0
Кальций, Ca ²⁺	мг/дм ³	44,9	44,1	17,6	40,4	39,6	15,2
Магний, Mg ²⁺	мг/дм ³	11,7	13,1	3,9	10,7	12,2	5,6
Сульфат-анион, SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	20,0	17,8	6,5	11,4	25,0	4,9
Хлорид-анион, Cl ⁻	мг/дм ³	9,3	9,3	0,6	4,5	4,5	0,64
Кремний, Si	мг/дм ³	1,8	1,7	1,7	3,0	3,0	1,7
Железо общее, Fe _{общ}	мг/дм ³	0,05	0,05	0,48	0,09	0,09	0,19
Марганец, Mn	мг/дм ³	0,04	0,04	0,04	0,049	0,037	0,12
Фосфор общий, P _{общ}	мгР/дм ³	0,038	0,047	0,077	0,088	0,083	0,022
Фосфаты, PO ₄ ³⁻	мг PO ₄ ³⁻ /дм ³	0,046	0,057	0,124	0,191	0,172	0,013
Аммоний-ион, NH ₄ ⁺	мг/дм ³	0,20	2,60	0,54	0,18	0,43	0,21
Нитрит-анион, NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0,013	0,059	0,014	0,016	0,014	0,006
Нитрат-анион, NO ₃ ⁻	мг/дм ³	0,42	2,10	3,70	1,2	0,88	0,51
Цветность	Град. Pt-Co шкалы	56	88	172	64	64	80
ПО	мгО/дм ³	16,7	18,2	21,4	15,7	17,0	19,5
Кислород, O ₂	мгО ₂ /дм ³	6,5	6,2	2,2	-	-	-
БПК ₅	мгО/дм ³	0,6	0,8	1,5	0,8	1,0	1,6
ХПК	мгО/дм ³	30,2	34,3	41,6	26,5	29,0	34,8
Взвешенные вещества	мг/дм ³	-	-	-	1,0	4,0	1,7
Сухой остаток	мг/дм ³	214	206	132	222	208	74
Мутность	мг/дм ³	1,2	1,6	3,5	2,0	1,6	7,3
Минерализация	мг/дм ³	317	288	113	257	293	89
Температура воды	°С	28,0	25,0	20,5	-	-	-
% насыщения O ₂	%	84,2	75,8	24,6	-	-	-
Цинк, Zn	мг/дм ³	0,0119	0,0089	0,012	0,1292	0,0132	0,0093
Свинец, Pb	мг/дм ³	0,0110	0,0137	0,006	0,0060	0,0082	0,0030
Медь, Cu	мг/дм ³	0,0138	0,0128	0,003	0,0086	0,0078	0,0016
Хром, Cr	мг/дм ³	0,0021	0,0026	0,002	0,0016	0,0010	0,0021
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,008	0,001	0,007	0,006	0,029	0,020
СПАВ	мг/дм ³	-	-	-	0,017	0,021	0,020

1- оз. Песьво, 2 – Протока, 3 - оз. Наволок

Сравнительный анализ гидрохимических характеристик водохранилища Калининской АЭС и оз. Наволок показал, что для водной массы водохранилища характерны более высокие значения рН, жесткости, щелочности и минерализации воды, чем в фоновом озере. В озерах-охладителях концентрации сульфатов были примерно в три раза выше, чем в оз. Наволок. Летом концентрации хлоридов в озерах-охладителях были выше, чем в оз. Наволок в 15 раз. Более высокие концентрации железа общего, общего фосфора и нитратов, цветности, ПО и ХПК наоборот были выше в оз. Наволок, чем в озерах-охладителях. Концентрации нитратов, меди и свинца были выше в озерах-охладителях, чем в фоновом озере. Концентрации цинка и хрома были примерно равными во всех озерах.

В [7] отмечено, что с момента пуска АЭС в озерах достоверно увеличились концентрации гидрокарбонатов, сульфатов, кальция и магния и рН, что подтверждено и нашими исследованиями. В 90-х годах прошлого столетия значения ПО в воде колебалась в интервале 7,9-16,3 мгО/дм³. По нашим данным значения ПО в озерах в настоящее время варьируют в интервале 11–18 мгО/дм³, что ниже, чем в фоновом озере Наволок.

В водоемах-охладителях Калининской АЭС выявлена четкая зависимость изменения механического состава донных отложений с глубиной. Донные отложения озерных котловин Удомли и Песьво представлены, по [22]: коричневыми сапропелями на глубине, которые перекрывают темно-серые (толщиной 10-30 см) и желто-серые (толщиной 10-25 см) сапропели. В слабопроточных мелководных зонах дно занимают макрофитные отложения (толщиной 5-30 см). На участках абразионной деятельности, в местах добычи песка (район АЭС и юго-запад оз. Песьво), строительства дамб участки дна покрывают крупно и мелкозернистые пески, в том числе заиленные, и суглинки. В оз. Удомля сохранились трансформированные после затопления территории почвы. Можно наблюдать грунтовые комплексы, характерные для устьев водотоков: сочетание минеральных и оторфованных илов с прослойками песка (таблица 7) [22].

В глубоководной части в донных отложениях происходит накопление Cu, Fe, Mn, Cd, Ni, Pb, на литоральных участках активно аккумулируются Cd, Cu, Pb, Mn, в пелигиально-профундальном участке – Fe, Ni [22].

Летом 2017 г. в озерах Удомля и Песьво, Кезадра и Наволок были отобраны пробы донных отложений (ДО) и проанализиро-

ваны в лаборатории Ивановской НИС. В ДО озер Кезадра и Наволок наблюдались концентрации железа общего в 1,5-6 раз выше, чем в озерах Удомля и Песьво. Концентрации сульфатов в ДО озер Кезадра и Песьво были близки между собой, а в озере Наволок – в 2-4 раза выше по сравнению с остальными озерами. Концентрации хлоридов в оз. Удомля в районе сброса сточных вод от г. Удомля превышали природный фон (оз. Кезадра) более чем в 4 раза (табл. 8, 9).

Таблица 7

Распределение донных отложений оз. Песьво и оз. Удомля, по [22].

№ п/п	Тип грунта	Оз. Песьво, км2/%	Оз. Удомля, км2/%
1	Заиленный сапрпель	3,9/38	4,3/66
2	Желто-серый или серый ил	3,2/31	-/-
3	Песок и заиленный песок	2,8/27	1,6/25
4	Отложения макрофитов	0,2/2	0,15/2
5	Затопленные почвы	-/-	0,2/3
6	Суглинки и валунные супеси	0,1/1	0,1/1
7	Оторфованный ил	0,1/1	0,1/1
Итого:		10,3/100	6,5/98

Таблица 8

Значения pH, концентрации главных ионов и биогенных элементов в пробах донных отложений изученных озер, лето 2017 г.

	Место отбора			
	оз. Кезадра	оз. Наволок	оз. Песьво у места сброса сточных вод	оз. Удомля у истока р. Съежа
pH KCl, ед. pH	5,0	-	7,3	7,3
Feобщ, мг/кг	11221	-	7344	1970
Ca ²⁺ , мг/кг	2484,0	-	6417,0	2856,6
Mg ²⁺ , мг/кг	601,9	-	626,2	406,1
NH ₄ ⁺ , мгN/кг	3,9	-	2,3	7,8
NO ₃ ⁻ , мгN/кг	2,4	25,0	3,9	32,0
SO ₄ ²⁻ , мг/кг	550	990	567	229
Cl ⁻ , мг/кг	6,5	-	6,6	28,6

Таблица 9

Значения концентрации водорастворимых форм тяжелых металлов (мг/кг) в пробах донных отложений изученных озер, лето 2017 г.

Место отбора	Cu	Pb	Zn	Cr
оз. Кезадра	0,035	не обн.	0,221	не обн.
оз. Наволок	0,061	не обн.	0,214	не обн.
оз. Песьво/сброс сточных вод	0,615	не обн.	0,037	не обн.
оз. Удомля/устье р. Съежа	0,103	не обн.	0,050	не обн.

Для оценки интенсивности техногенных аномалий использовался коэффициент концентрации химического элемента K_c . С его помощью можно составить формулу геохимической ассоциации, характеризующую качественный состав и структуру возможной геохимической аномалии.

Геохимическая ассоциация для озер Кезадра и Наволок выглядит следующим образом: $Zn_{5,9}-Fe_{5,7}$, для озер Удомля и Песьво в среднем: $Cu_{10,3}-Fe_{2,4}$ (таблица 10). Из этого можно сделать вывод, что общий элемент, формирующий геохимические аномалии в донных отложениях озер, – железо. Для природного фона характерно повышенное содержание цинка, для озер с техногенной нагрузкой – меди. Цинк накапливается в связи со слабой проточностью озер. Концентрации цинка в водах р. Тихомандрицы, вытекающей из оз. Наволок, достигают значений выше $0,05 \text{ мг/дм}^3$. Железо и цинк – элементы, необходимые для жизни растений. Видовое и численное разнообразие высшей водной растительности озер Кезадра и Наволок высокое, трофический статус – эвтрофные. При отмирании растений формируются органические вещества, способные связывать цинк в устойчивые формы, что приводит к его накоплению.

Таблица 10

Коэффициенты концентрации K_c водорастворимых форм металлов в пробах донных отложений изученных озер, лето 2017 г.

Место обора	Fe	Cu	Zn
оз. Кезадра	5,7	1,0	5,9
оз. Наволок	-	1,7	5,8
оз. Песьво/сброс сточных вод	3,7	17,6	1,0
оз. Удомля/устье р. Съежа	1,0	2,9	1,4

Водородный показатель pH_{KCl} в донных отложениях оз. Наволок составляет 5,5 единиц. Кислая среда в донных отложениях приводит к накоплению железа, в особенности катионов Fe^{2+} , достигающих высоких концентраций в анаэробных условиях.

Для расчета средней интенсивности аномалии использовался коэффициент среднего накопления химических элементов R_x (как вариант коэффициента накопления Моксхэма). Этот коэффициент для исследованных проб озер близ г. Удомля составил 4,3 единицы.

Согласно суммарному показателю загрязнения Z_c , отражающему аддитивное превышение фонового уровня группой ассоциирующихся элементов, уровень загрязнения подвижными

формами металлов – слабый, а экологическая обстановка – допустимая.

В 2000 г. по концентрациям кадмия, цинка, марганца и железа в ДО наблюдалось многократное превышение геохимического фона (таблица 11). Повышенные концентрации кадмия (до 6 мг/дм³) приурочены к выпуску очищенных сточных вод из городского коллектора в оз. Песьво, а также к району впадения р. Тихомандрицы в северной части акватории. Коэффициенты накопления свинца и цинка достигали 2,8 и 6,0 единиц соответственно.

Концентрация минеральных микрокомпонентов оз. Песьво выше, чем в оз. Удомля, что связано с морфологическими особенностями и большой гидродинамической активностью. В качестве вывода было констатировано, что повышенное содержание железа и марганца характерно для природных объектов региона [22].

По результатам наших исследований в ДО обнаружены свинец и повышенные относительно кларка концентрации меди, чего раньше [22] не отмечалось.

Таблица 11

Оценка содержания элементов в донных отложениях озер Удомля и Песьво относительно фона (кларка) за 2000 и 2002 гг., по [22]; за 2017 г., [по данным авторов]

Содержание хим. элементов	2000 г.*	2002 г.*	2017 г.**
Не обнаружены	-	-	Pb, Cr
Около или равно кларку	Mn, Mo, Pb, Se, Sn	Cu, Pb, Zn, Fe, Mn	Zn, Fe
Больше кларка	Zn, Be, Cd	Cd	Cu

*использован кларк для осадочных пород

**в качестве фона использованы озера Кезадра и Наволок

Исследование влияния Конаковской ГРЭС на гидроэкологический режим Мошковичского залива Иваньковского водохранилища.

Конаковская ГРЭС расположена на берегу реки Волги (город Конаково Тверской области) и является одним из крупнейших поставщиков электроэнергии и тепла в регионе. Установленная электрическая мощность электростанции составляет 2520 МВт, тепловая мощность – 120 Гкал·час. Основным топливом является природный газ, резервным – мазут [25].

Строительство Конаковской ГРЭС началось в 1962 г. Первый энергоблок был введен в строй 10 января 1965 г. Именно эта дата считается днем образования Конаковской ГРЭС. Строитель-

ство электростанции велось двумя очередями по 1200 МВт каждая. В 1966 г. пущен четвертый энергоблок электростанции, на котором закончилось сооружение первой очереди ГРЭС. В 1969 г. пущен последний восьмой энергоблок, на котором закончилось сооружение второй очереди. С 1972 г. электростанция вышла на полную проектную мощность — 2400 МВт.

До 1982 г. Конаковская ГРЭС работала на жидком топливе, сжигая в сутки 7-10 тыс. т высокосернистого мазута, поставляемого по железной дороге. С середины 80-х годов электростанция переведена на природный газ и работает на нем по настоящее время. Мазут является резервным топливом. В настоящее время благодаря модернизации энергоблоков №№ 1, 2, 3 и 8 установленная мощность ГРЭС достигла 2520 МВт.

Система технического водоснабжения прямоточная. Забор воды из р. Волги осуществляется двумя береговыми насосными станциями (БНС) на блоки первой и второй очереди. Каждая БНС имеет 8 вертикальных циркуляционных насосов ОП-5ПВ производительностью 5 м³/с. Средний забор воды составляет около 30 000 м³/ч на энергоблок. Отвод воды осуществляется по отводящему каналу. На территории электростанции канал проложен под землей в виде четырех железобетонных ниток, за пределами территории проложен 2,4 км открытым способом [26].

Влияние теплового загрязнения на гидроэкологическое состояние Иваньковского водохранилища проводилось в начале августа 2016 г., в начале августа и в сентябре 2017 г.

В 2016 г. были отобраны пробы воды и измерена температура воды в устье Мошковичского залива, в который поступают подогретые воды от Конаковской ГРЭС и в створах выше и ниже залива. Результаты химического анализа отобранных проб воды представлены в таблице 12.

В начале августа 2017 г. были отобраны пробы воды и донных отложений, а также проведена оценка степени зарастания залива и описание высшей водной растительности. В сентябре 2017 г. повторно были отобраны пробы воды в заливе в 6 точках (рис. 4).

Исследования 2016 г. показали, что в устье Мошковичского залива температура воды была на 9°С выше, чем в фоновом створе, что является свидетельством значительного теплового загрязнения водоема. В устье Мошковичского залива были отмечены более высокие, чем в других створах концентрации железа общего, аммонийного иона, фосфат-иона, меди, хрома и СПАВ. Повышенные концентрации ряда загрязняющих веществ могут быть

объяснены тем, что в Мошковичский залив, кроме сброса подогретых вод от Конаковской ГРЭС, поступают также бытовые стоки от г. Конаково.

Таблица 12

Сравнительная характеристика химического состава воды Ивановского водохранилища в районе сброса теплых вод от Конаковской ГРЭС по данным отбора проб воды 09 августа 2016 г.

Показатель	Створы наблюдений		
	д. Заборье, фарватер, поверхность	Мошковичский залив, фарватер, поверхность	урочище Корчева, фарватер, поверхность
pH	7,95	7,95	8,22
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	152,5	140,3	158,6
Ca ²⁺ , мг/дм ³	35,3	34,5	35,3
Mg ²⁺ , мг/дм ³	7,8	7,8	9,2
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	9,1	9,6	9,4
Cl ⁻ , мг/дм ³	3,2	3,2	4,5
Na+K, мг/дм ³	9,8	5,8	10,3
Железо общее, мг/дм ³	0,10	0,17	0,06
Марганец, мг/дм ³	0,00	0,01	0,04
Робщ., мгР/дм ³	0,063	0,084	0,080
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,081	0,129	0,082
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,12	0,33	0,11
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,010	0,020	0,025
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,97	1,10	0,66
Цветность, град.	75	75	45
ПО, мгО/дм ³	15,7	15,4	11,8
O ₂ , мгО ₂ /дм ³	6,6	6,5	7,3
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,9	1,4	2,2
ХПК, мгО/дм ³	34,8	34,1	32,5
Минерализация, мг/дм ³	221	204	229
Цинк, мг/дм ³	-	0,0176	0,0192
Свинец, мг/дм ³	-	0,0039	0,0070
Медь, мг/дм ³	-	0,0067	0,0034
Хром, мг/дм ³	-	0,0018	0,0012
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,026	0,028	0,024
СПАВ, мг/дм ³	0,025	0,040	0,028
Температура воды, о С	22,7	31,7	24,1
% насыщения O ₂	77,2	90,3	87,7

В структуре фитопланктонного сообщества значительных изменений по сравнению с другими створами не отмечено. Очевидно, что для более точной оценки влияния теплового загрязнения на гидроэкологическое состояние ниже лежащих участков Ивановского водохранилища необходимо провести более де-

тальные исследования в различные сезоны года при различных режимах работы Конаковской ГРЭС.

В начале августа 2017 г. были отобраны пробы воды и донных отложений, а также проведена оценка степени зарастания залива и описание высшей водной растительности. В сентябре 2017 г. повторно были отобраны пробы воды в заливе в 6 точках (рис. 4).

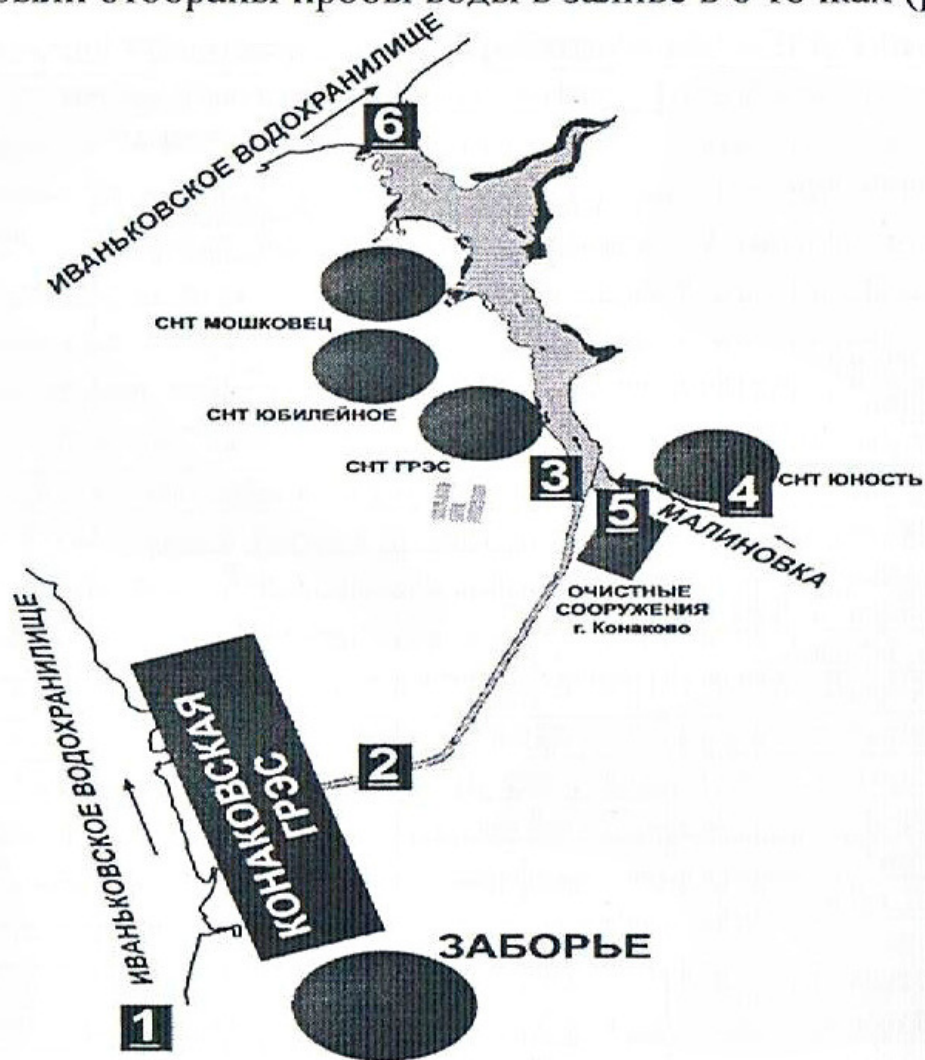


Рис.4 Точки отбора проб воды в Мошковичском заливе Иваньковского водохранилища в 2017 г.: 1 – д. Заборье (фоновая точка выше залива); 2 – отводящий канал от Конаковской ГРЭС; 3 – точка сброса теплых вод в залив; 4 – СНТ «Юность» (выше сброса с о/с г. Конаково); 5 – точка поступления стоков с очистных сооружений г. Конаково в залив; 6 – устье Мошковичского залива

Исследования 2016 г. показали, что в устье Мошковичского залива температура воды была на 9°С выше, чем в фоновом створе, что является свидетельством значительного теплового загрязнения водоема. В устье Мошковичского залива были отмечены более высокие, чем в других створах концентрации железа обще-

го, аммонийного иона, фосфат-иона, меди, хрома и СПАВ. Повышенные концентрации ряда загрязняющих веществ могут быть объяснены тем, что в Мошковичский залив, кроме сброса подогретых вод от Конаковской ГРЭС, поступают также бытовые стоки от г. Конаково.

В структуре фитопланктонного сообщества значительных изменений по сравнению с другими створами не отмечено. Очевидно, что для более точной оценки влияния теплового загрязнения на гидроэкологическое состояние ниже лежащих участков Иваньковского водохранилища необходимо провести более детальные исследования в различные сезоны года при различных режимах работы Конаковской ГРЭС.

В таблице 13 представлены измеренные концентрации и значения ряда химических ингредиентов и показателей в фоновом створе у д. Заборье, отводящем канале от Конаковской ГРЭС в Мошковичский залив и в ряде точек в самом заливе в августе и сентябре 2017 г.

Таблица 13

Сравнительная характеристика химического состава воды в Мошковичском заливе по данным отбора проб воды 03.08.17 г. и 13.09.17 г.

Показатель	Место отбора проб (дата отбора)					
	д. Заборье, русло	Отвод. канал ГРЭС	Отвод. канал ГРЭС (сброс)	Выше ОС, СНТ «Юность»	Район ОС г. Конаково	Устье залива
1	2	3	4	5	6	7
	03.08.2017 г.					
рН	7,73	7,66	7,56	7,35	7,26	7,65
σ_{25} , mSm/m	24,8	25,0	25,0	28,0	29,9	25,2
Щобщ., мг-экв/дм ³	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
Жобщ., мг-экв/дм ³	2,54	2,54	2,50	2,83	2,83	2,71
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	152,5	152,5	152,5	158,6	158,6	158,6
Са ²⁺ , мг/дм ³	37,0	37,8	37,0	40,3	39,4	37,0
Мг ²⁺ , мг/дм ³	8,4	7,9	7,9	10,0	10,4	10,4
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	10,0	8,7	8,0	10,2	11,7	7,0
Сl ⁻ , мг/дм ³	4,3	4,3	4,3	6,2	7,4	4,3
Na+K, мг/дм ³	7,3	6,5	7,3	4,5	7,0	4,3
Кремний, мг/дм ³	2,0	2,1	2,2	2,4	2,4	2,2
Железо общее, мг/дм ³	0,10	0,12	0,12	0,15	0,12	0,10
Марганец, мг/дм ³	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06
Робщ., мгР/дм ³	0,045	0,055	0,055	0,146	0,298	0,055
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,052	0,073	0,059	0,334	0,821	0,066
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,20	0,24	0,22	0,19	0,61	0,26
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,019	0,018	0,026	0,032	0,047	0,021
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,84	0,89	0,89	2,3	5,3	1,1

1	2	3	4	5	6	7
Цветность, град.	75	75	75	75	75	75
ПО, мгО/дм ³	16,0	15,0	16,0	16,2	13,4	14,7
О ₂ , мгО ₂ /дм ³	7,2	6,2	6,6	4,6	4,8	7,4
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,1	1,8	1,9	1,8	2,0	2,2
ХПК, мгО/дм ³	37,4	36,4	33,3	35,4	33,3	36,4
Мутность, мг/дм ³	4,3	3,2	2,2	2,1	2,7	5,2
Минерализация, мг/дм ³	222	220	219	234	241	224
Температура воды, °С	22,6	31,6	30,5	27,4	27,6	27,6
% насыщения О ₂	84,1	86,0	89,6	58,9	61,7	95,1
Цинк, мг/дм ³	0,0069	0,0078	0,0084	0,0113	0,0309	0,0120
Свинец, мг/дм ³	0,0164	0,0128	0,0092	0,0073	0,0073	0,0211
Медь, мг/дм ³	0,0033	0,0060	0,0046	0,0058	0,0042	0,0043
Хром, мг/дм ³	0,0037	0,0071	0,0021	0,0060	0,0037	0,0074
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,041	0,012	0,023	0,039	0,084	0,064
СПАВ, мг/дм ³	0,024	-	-	-	0,017	0,012
13.09.2017 г.						
рН	7,68	7,74	7,65	7,66	7,80	7,72
Э ₂₅ , мСм/м	25,5	26,6	26,0	28,1	26,7	26,1
Щобщ., мг-экв/дм ³	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
Жобщ., мг-экв/дм ³	2,75	2,87	2,83	2,87	2,75	2,87
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	152,5	152,6	152,6	158,7	158,7	158,7
Са ²⁺ , мг/дм ³	37,8	41,1	39,4	41,1	39,4	38,6
Мg ²⁺ , мг/дм ³	10,4	10,0	10,4	10,0	9,5	11,4
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	9,6	18,7	8,8	18,2	18,7	8,6
Сl ⁻ , мг/дм ³	3,2	1,9	2,6	2,6	3,2	1,9
Na+K, мг/дм ³	1,0	1,8	0,0	4,8	8,5	0,0
Кремний, мг/дм ³	1,5	1,4	1,7	1,5	1,5	1,5
Железо общее, мг/дм ³	0,12	0,10	0,13	0,10	0,20	0,11
Марганец, мг/дм ³	0,007	0,005	0,008	0,009	0,000	0,024
Рмин., мгР/дм ³	0,042	0,036	0,045	0,132	0,066	0,046
Робщ., мгР/дм ³	0,077	0,066	0,084	0,154	0,090	0,074
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,32	0,29	0,63	0,09	0,51	0,30
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,036	0,047	0,048	0,039	0,040	0,053
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	1,1	1,1	1,2	1,0	2,2	1,6
Цветность, град.	60	60	60	60	60	60
ПО, мгО/дм ³	13,6	13,8	13,1	13,1	13,1	13,4
О ₂ , мгО ₂ /дм ³	6,6	6,7	6,9	6,8	7,1	7,2
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1,0	1,6	1,6	1,7	1,4	1,2
ХПК, мгО/дм ³	19,9	18,2	34,8	24,0	19,9	23,2
Мутность, мг/дм ³	3,2	2,9	2,9	3,5	2,9	2,9
Минерализация, мг/дм ³	217	228	217	238	241	222
Температура воды, о С	16,8	26,2	26,0	24,0	24,5	23,5
% насыщения О ₂	68,4	83,9	86,0	81,6	86,1	85,5
Цинк, мг/дм ³	0,0190	0,0182	0,0203	0,0286	0,0140	0,0136
Свинец, мг/дм ³	0,0038	0,0089	0,0057	0,0076	0,0063	0,0050
Медь, мг/дм ³	0,0042	0,0038	0,0041	0,0032	0,0036	0,0040
Хром, мг/дм ³	0,0000	0,0009	0,0000	0,0015	0,0018	0,0006
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,042	0,036	0,016	0,022	0,39	0,075
СПАВ, мг/дм ³	0,014	0,012	0,014	0,010	0,008	0,011

Анализ полученных значений показал, что химический состав воды, отводимой от Конаковской ГРЭС, близок к значениям в фоновом створе. В августе в отводящем канале отмечены в два

раза более высокие, чем в фоновом створе концентрации меди и хрома. Наиболее высокие концентрации ряда биогенных элементов и тяжелых металлов зафиксированы в районе очистных сооружений г. Конаково. Температура воды в районе сброса теплых вод в канал в августе превышала температуру в фоновом створе на 8°C, а в сентябре – на 9°C.



Рис.5 Распределение донных отложений в Мошковичском заливе, по [13].

Исследования гранулометрического и химического состава донных отложений Мошковичского залива проводили в различные годы Н.В. Буторин, Н.А. Зиминова, В.Б. Бреховских, В.Д. Казмирук и другие [6, 5, 13].

Грунты Мошковичского залива в зоне сброса с очистных сооружений (ОС) г. Конаково и подпорного участка р. Малиновка представлены илами. Основная часть залива и русло заняты суглинистыми почвами, ближе к устью – супесями с примесью ила (рис. 5).

Валовые концентрации ряда элементов в донных отложениях Мошковичского залива Иваньковского водохранилища в 1974 г. представлены в таблице 14.

Летом 2017 г. в Мошковичском заливе были отобраны пробы

донных отложений и проанализированы в лаборатории Ивановской НИС. Низкие содержания исследуемых химических элементов в устье залива позволили выбрать эту точку наблюдения в качестве геохимического фона. Максимальные концентрации Ca, Mg, Fe, NH₄, NO₃, SO₄, Cl наблюдаются в районе очистных сооружений г. Конаково (табл. 15-18). Выше очистных сооружений в подпоре Мошковичского залива находится р. Малиновка, для которой характерны повышенные концентрации Ca, Mg, Fe, NO₃, SO₄.

Таблица 14

Валовый состав (в % на сухое вещество) донных отложений Мошковичского залива Ивановского водохранилища в 1974 г.

[11]

Si	Fe	Al	Ca	Mg	S	P	Mn	K	Na
36,81	2,61	3,80	1,96	0,91	0,45	0,12	0,07	2,31	0,67

Геохимические ассоциации для различных участков Мошковичского залива выглядят следующим образом: Zn_{346.5}-Fe_{8.7}-Cu_{5.1} (очистные сооружения г. Конаково), Zn_{6.2}-Fe_{2.7} (СНТ «Юность», подпорный участок р.Малиновка). Для сравнения геохимические ассоциации по Ивановскому водохранилищу представлены следующей формулой: Zn_{9.0}-Fe_{5.1} (табл. 19).

Коэффициент среднего накопления химических элементов K_x для исследованных проб Мошковичского залива составил 45,1 единиц за счет формирования геохимической аномалии цинка в районе очистных сооружений. Это означает, что уровень загрязнения Мошковичского залива по подвижным формам металлов высокий, а экологическая обстановка характеризуется как опасная.

Таблица 15

Значения рН, концентрации главных ионов (в мг/кг) и биогенных элементов в пробах донных отложений Мошковичского залива Ивановского водохранилища летом 2017 г.

Место отбора	рНКСl, ед.	Feобщ., мг/кг	Ca ²⁺ , мг/кг	Mg ²⁺ , мг/кг	NH ₄ ⁺ , мгN/кг	NO ₃ ⁻ , мгN/кг	SO ₄ ²⁻ , мг/кг	Cl-, мг/кг
Устье	7,4	1291	1904	734	2,5	0,7	114	3,2
ОС г. Конаково	5,9	11186	12192	2614	7,0	28	1584	17
СНТ «Юность» (выше ОС)	6,8	3519	3457	1046	2,2	13	1216	3,2

Таблица 16

Концентрации водорастворимых форм тяжелых металлов (мг/кг) в пробах донных отложений Мошковичского залива Иваньковского водохранилища, лето 2017 г.

Место отбора	Cu	Pb	Zn	Cr
Устье	0,040	не обн.	0,033	не обн.
Очистные сооружения г. Конаково	0,207	не обн.	11,436	не обн.
СНТ «Юность» (выше очистных сооружений)	0,041	не обн.	0,206	не обн.

Таблица 17

Коэффициент донной аккумуляции (КДА) главных ионов и биогенных элементов ДО Мошковичского залива Иваньковского водохранилища, лето 2017 г.

Место отбора	Feобщ.	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Устье	1,3·10 ⁴	5,1·10	7,1·10	1,3·10	2,8	1,6·10	0,7
ОС г. Конаково	9,3·10 ⁴	3,1·10 ²	2,5·10 ²	1,5·10	2,3·10	1,4·10 ²	2,3
СНТ «Юность» (выше ОС)	2,3·10 ⁴	8,6·10	1,0·10 ²	1,5·10	2,5·10	1,2·10 ²	0,5

Таблица 18

Коэффициент донной аккумуляции КДА тяжелых металлов в пробах Мошковичского залива Иваньковского водохранилища, лето 2017 г.

Место отбора	Cu	Zn
Устье	9,3	2,8
Очистные сооружения г. Конаково	4,9·10	3,7·10 ²
СНТ «Юность» (выше очистных сооружений)	7,1	1,8·10

Таблица 19

Коэффициенты концентрации Кс водорастворимых форм металлов в пробах донных отложений Мошковичского залива Иваньковского водохранилища в разных районах исследования, лето 2017 г.

Место отбора	Fe	Cu	Zn
Очистные сооружения г. Конаково	8,7	5,1	346,5
СНТ «Юность»/выше ОС	2,7	1,0	6,2

Межгодовая динамика значений коэффициента концентрирования тяжелых металлов в донных отложениях свидетельствует о том, что формирование геохимических аномалий цинка в той или иной степени свойственно Мошковичскому заливу (табл. 20).

Коэффициенты концентрирования тяжелых металлов в донных отложениях Мошковичского залива Ивановского водохранилища, 1994-1995 (средние значения), по [5] и 2017 гг. [авторы]

	Год	
	1994-1995	2017
Fe	-	0-8,7
Zn	7,8-15,2	0-346,5
Cu	1,0-1,7	0-5,1
Pb	0,5-1,4	не обн.
Ni	1,8-3,0	-
Cr	0,6-2,0	не обн.
Co	1,5-1,8	-
Cd	0,3-0,9	-

Исследования высшей водной растительности и степени зарастания озер Песьво и Удомля и Мошковичского залива Ивановского водохранилища.

В различные годы водные объекты изучали следующие авторы: В.А.Экзерцев, И.В. Довбня, И.Л.Пырина, Л.И.Лисицына из ИБВВ РАН, О.А.Тихомиров из ТвГУ, В.Ф.Бреховских, В.Д.Казмирук, Л.П.Федорова из ИВП РАН – Мошковичский залив Ивановского водохранилища; А.А.Нотов, О.А.Тихомиров из ТвГУ – озера Удомля и Песьво.

Мошковичский залив мелководен. Глубина залива в среднем составляет 3,5 м, в устье – до 4,5 м. Скорости течения в отводящем канале изменяются от 0,63 до 8,5 м/с (2010 г.) и в среднем составляют 0,9 м/с; скорость течения в самом заливе 1 м/с, в р. Малиновка 0,01 м/с. Прозрачность изменяется от 0,8 до 1,2 м. Наиболее мутные воды отмечены в районе очистных сооружений г. Конаково, где она снижается на 0,3 м и влияет на прозрачность вод залива от места сброса до средней его части.

В Мошковичском заливе заросли высшей водной растительности формируются вдоль правого берега, либо во врезках залива на участках с замедленным водообменом. Подвержена зарастанию р. Малиновка (в подпоре) – до 69 % площади участка. Общая степень зарастания Мошковичского залива составляет 15 % (табл. 21).

Летом 2017 г. авторами исследовались степень зарастания и видовой состав высшей водной растительности водоемов-охладителей Калининской АЭС. Высшая водная растительность занимает всего около 4 % площади озер Удомля и Песьво (табл. 22). Для этих озер характерны повышенная температура в районе

сброса подогретых вод с АЭС и проточный режим. Наиболее заросшими являются южная и юго-западная часть оз. Удомля в районе деревень Гарусово, Щербинино, Акулово, а также район истока р. Съежи (54 % в подпорной части) и берег вдоль автодороги через Троицу.

Таблица 21

Морфометрические данные и характеристика степени зарастания Мошковичского залива Иваньковского водохранилища

Наименование водного участка	Площадь, м ² /га	Длина береговой линии, м	Ширина/глубина, м	Зарастание, га <u>прав./лев. берег</u> <u>всего</u>
Мошковичский залив	67,1	8711	140-500/ 2,3-4,5	<u>6,4/2,8</u> 9,2 (14 %)
Река Малиновка (в подпоре)	2,9	1542	5-113/ 1,3	<u>2,0 га (69 %)</u>
Отводящий канал	9,1	5161	40-55/ 2,4-4,0	<u>0,16/0,36</u> 0,5 га (6 %)
Всего:	79,1	15414	-	11,7 (15 %)

Для озера Песьво характерно зарастание в юго-западной части в районе деревень Бережок и Мишнево, в том числе берег вдоль автодороги через Троицу, район истока р. Съежи, а также заливы от г. Удомли до д. Митрошино.

Таблица 22

Морфометрические данные и характеристика степени зарастания озер Удомля и Песьво

Наименование водного участка	Площадь, га	Длина береговой линии, м	Длина/ширина, м	Зарастание, га
Оз. Удомля	1191,8	25015	7954/3310	38,9 (3,3 %)
Р. Съежа (в подпоре)	27,4	4212	1410/38-473	14,7 га (53,9%)
Оз. Песьво	711,6	17128	4510/3131	28,1 (4,0 %)
Отводящий канал	28,8	6995	2990/19-921	0,2 га (0,8 %)
Р. Съюча (в подпоре)	10,3	2609	670/81-200	2,9 га (28,6 %)
Всего:	1969,9	55959	-	85 (4,3 %)

Водоемы-охладители Удомля и Песьво – природно-технические объекты, за которыми осуществляется ведомственный и государственный надзор. Расчистка мелководий при высокой степени зарастания – одна из функций обеспечения экологически безопасного режима функционирования озер.

Для водоемов с повышенным температурным режимом характерно появление и расселение адвентивных видов высшей водной растительности. Этот факт не раз отмечали многие авторы в различных научных источниках (А.А. Нотов, О.А. Тихомиров, Л.П. Федорова и др.). Высокое видовое разнообразие высшей водной растительности и расселение чуждых видов – следствие формирования комфортных условий роста и развития местных и южных растений от умеренной до тропической природной зоны. Таким образом, в озерах Удомля и Песьво отмечены: аир обыкновенный *Acorus calamus* L., ситник тонкий *Juncus tenuis* Willd., тростник южный *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, элодея канадская *Elodea Canadensis*; в Мошковичском заливе водяной орех (чилим) *Trapa natans* L., наяда морская *Najas marina* L (табл. 23).

В основном зарастанию высшей водной растительностью подвержены: мелководья, участки рек в условиях подпора, места сброса сточных вод (населенные пункты, очистные сооружения). На участках с высокими и средними скоростями течения формируется бордюрная форма зарастания тростниками *Phragmites*, манником большим *Glyceria aquatica* (L.) Wahlb. и другими видами растений.

Адвентивные виды составляют конкуренцию местным видам, и могут выживать их из зон постоянного обитания. Площади зарастания в Мошковичском заливе водяным орехом (чилимом) *Trapa natans* L. сильно увеличились в настоящее время. Занесение вида началось с нескольких растений примерно в начале 2000-х годов.

Формирование водной среды с повышенной температурой сдвигает вегетативные периоды у растений. Температура может негативно влиять на клетки растений и в результате длительного воздействия нарушается работа клеток, либо они разрушаются. При положительном исходе формируется сообщество устойчивых и адаптированных к высокой температуре видов. Надводная растительность быстро развивается до максимальных размеров в высоту, а листья надводных и плавающих видов – в ширину. Большая площадь листа позволяет регулировать теплообмен растения путем испарения с его поверхности.

Распределение высшей водной растительности в Мошковичском заливе и в озерах Удомле и Песьво [данные авторов и 1, 19]

	Мошко- вический залив	Озеро Удомля	Озеро Песьво
Аир обыкновенный <i>Acorus calamus</i> L.		+	+
Болотница болотная <i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem et Schult.		+	+
Водяной орех (чилима) <i>Trapa natans</i> L.	+		
Горец земноводный <i>Persicaria amphibian</i> (L.) S. F. Gray		+	+
Ежеголовник всплывающий <i>Sparganium</i> <i>emersum</i> Rehm		+	+
Ежеголовник прямой <i>Sparganium erectum</i> L.		+	+
Камыш озерный <i>Scirpus lacustris</i> L.	+		
Кубышка желтая <i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith	+	+	+
Кувшинка чисто-белая <i>Nymphaea candida</i> J. et C. Presl.	+	+	+
Манник большой <i>Glyceria aquatica</i> (L.) Wahlb.	+		
Многокоренник обыкновенный <i>Spirodela</i> <i>polyrrhiza</i> (L.) Schleid.			
Наяда морская <i>Najas marina</i> L.	+		
Осока острая <i>Carex acuta</i> L.	+	+	+
Осока пузырчатая <i>Carex vesicaria</i> L.		+	+
Рдест пронзеннолистный <i>Potamogeton per-</i> <i>foliatus</i> L.	+	+	+
Рдест блестящий <i>P. lucens</i> L.	+	+	+
Рдест плавающий <i>Potamogeton natans</i> L.		+	+
Рогоз широколистный <i>Typha latifolia</i> L.	+	+	+
Роголистник погруженный <i>Ceratophyllum</i> <i>demersum</i> L.		+	+
Ряска малая <i>Lemna minor</i> L.			
Ситник тонкий <i>Juncus tenuis</i> Willd.		+	+
Стрелолист стрелолистный <i>Sagittaria sagitti-</i> <i>folia</i> L.	+		
Сусак зонтичный <i>Butomus umbellatus</i> L.	+		
Телорез алоэвидный <i>Stratiotes aloides</i> L.	+		
Тростник обыкновенный <i>Phragmites com-</i> <i>munis</i> Trin. = <i>australis</i> Cav.	+		
Тростник южный <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud		+	+
Уруть колосовая <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	+	+	+
Хвощ речной <i>Equisetum fluviatile</i> L.		+	+
Элодея канадская <i>Elodea canadensis</i>		+	+

Зарастание высшей водной растительностью оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на водоем. Положительное – это запуск механизмов самоочищения водоемов, в результате которого происходит удаление части биогенных и органических веществ из воды. Отрицательное – усиление процесса эвтрофикации, вторичное загрязнение водоема вследствие разложения растительной биомассы, образование участков с дефицитом кислорода, усугубляющемся на фоне повышенной температуры воды.

Выводы. Анализ литературных данных и собственные предварительные исследования показали, что воздействие сброса подогретых вод в водоемы-охладители ТЭС и АЭС многопланово и заключается, в основном, в:

- Заметном изменении температурного режима;
- Изменении структуры течений, особенно при оборотной системе;
- Загрязнении вод различными агентами как со стороны собственно электростанции, так и различных бытовых и производственных служб, в той или иной мере с ней связанных;
- Эвтрофировании водоема, вызванном усилением цветения водоема и зарастанием высшей водной растительностью;
- Изменении газового режима;
- Изменении жизненных циклов гидробионтов;
- Прямом травмировании гидробионтов;
- Усилении токсичности загрязнителей.

Список литературы.

1. Абакумов В. А., Ахметьева Н. П., Бреховских В. Ф. и др.//Отв. ред. М. Г. Хубларян. Ивановское водохранилище: современное состояние и проблемы охраны. Москва: Наука, 2000. 343 с..
2. Алекин О.А. Общая гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
3. Антонова Л.Н., Канюк Г.И., Погонина Т.Е., Михайский Д.М., Омельченко Л.Н., Фокина А.Н. Значение и особенности условий работы водоемов- охладителей тепловых и атомных электростанций//Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2012. № 2/10 (56). С. 56-63.
4. Безносков В.Н., Кучкина М.А., Суздалева А.Л. Исследование процесса термического эвтрофирования в водоемах-охладителях АЭС// Водные ресурсы, 2002.Т. 29,№5. С. 610-

615. Биологический режим водоемов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов//Труды ВГО, Т. XXI. М.:Наука, 1977. 255 с.
5. Бреховских В.Б., Казмирук Т.Н., Казмирук В.Д. Донные отложения Иваньковского водохранилища: состояние, состав, свойства / ИВП РАН, г. Москва: Наука, 2006 г. 174 с. 6. Буторин Н.В., Зимина Н.А., Курдин В.П. Донные отложения Верхневолжских водохранилищ / г. Ленинград: Наука, 1975 г. , 150 с.
 7. География Удомельского района. Тверь:РИУ Тверского университета, 1999. 356 с.
 8. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. Влияние Калининской АЭС на термический и гидрохимический режимы и состояние сообществ фитопланктона водоемов-охладителей// Труды V Всероссийской конференции «Ледовые и термические процессы на водных объектах России». Владимир: РГАУ-МСХА, 11-14 октября 2016 г. С. 101-106.
 9. Девяткин В.Г. Динамика фитопланктона в зоне влияния подогретых вод Конаковской ГРЭС //Симпозиум по влиянию подогретых вод теплоэлектростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок: 1971. С. 14-15.
 10. Девяткин В.Г., Мордухай-Болтовской Ф.Д. О воздействии подогретых вод Конаковской ГРЭС на фитопланктон Иваньковского водохранилища // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Мат. 2-го симпозиума. Борок, 1974. С. 42-46.
 11. Драчев С.М., Кудрявцева Н. Л. О химическом составе донных отложений Иваньковского водохранилища//Биогенные элементы и органическое вещество в водохранилищах. Рыбинск, 1974. С. 102— 110.
 12. Егоров Ю.А., Леонов С.В., Погребняк В.Н. Анализ гидрологических процессов и состояния экосистем водоемов-охладителей при обосновании экологической безопасности АЭС // Экология регионов атомных станций. Вып.2. М.: 1994. С. 106-140.
 13. Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н., Бреховских В.Б. Зарастающие водотоки и водоемы: динамические процессы формирования донных отложений / г. Москва: Наука, 2004 г. 310 с.
 14. Кузьмин Г.В. Фитопланктон: видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. М.: 1975. С. 73-87.

15. Ларцина Л.Е., Воронкова Э.М. Влияние сбросных вод ТЭС и АЭС на биологический и химический режимы водохранилищ-охладителей. Л.: Ленинградское отд. изд-во «Энергия», 1974. 56 с. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины//Протасов А.А.,Сергеева О.А., Кошелева С.И. и др.. Киев: Наукова думка, 1991. 192 с.
16. Леонов С.В, Чионов В.Г., Шилькрот Г.С., Ясинский С.В. Формирование качества воды водоема-охладителя//Водные ресурсы, 2000. Т. 27. №4. С. 477-484.
17. Мязметс А.Х., Румянцева Э.А. Влияние различных факторов на интенсивность антропогенного эвтрофирования озёр // Антропогенное воздействие на малые озёра. Л.: Наука, 1980. С. 120-127.
18. Никаноров Ю.И. Влияние сбросных вод тепловых электростанций на ихтиофауну и рыбное хозяйство водоемов-охладителей//Биологический режим водоемов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов. М.:Наука., 1977. С. 135-156.
19. Петушкова Т.П., Дементьева С.М.,. Нотов А.А Флора некоторых озер Удомельского района Тверской области Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 14, 2009. С. 167-173.
20. Серяков С.А., Марков М.В. Альгоиндикация состояния водоемов-охладителей (на примере некоторых озёр Удомельского района Тверской области). Вестник Тверского государственного университета. Серия «География и геоэкология». 2009. № 31. С. 43-61.
21. Столбунов А.К. Влияние подогретых вод ТЭС на продукционные процессы и микрофлору водоемов-охладителей в различных зонах СССР//Водные ресурсы, №2.1985. С. 89-101.
22. Тихомиров О.А., Тихомирова Л.К. Мониторинг экологического состояния донных отложений водоема-охладителя Калининской АЭС. Вестник ТвГУ. Серия «ГЕОГРАФИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ», вып. 3, Тверь, 2007 г. С. 33-42.
23. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. М.: Протектор, 1995. 624 с.
24. Экзерцев В.А. Зарастание водохранилищ Верхней Волги / автореферат диссертации, ЛГПИ, Москва, 1967 г.
25. <https://www.enelrussia.ru/ru/about-us/konakovskaya-gres.html>
26. <https://www.wikipedia.org>

INFLUENCE OF LARGE HEAT SUPPLY FACILITIES OF THE TVER REGION ON THE CURRENT HYDROECOLOGICAL STATE OF RESERVOIRS COOLERS

Kuzovlev V.V. *, Grigorieva I.L. **, Komissarov A.B. **. Chekmayova E. A **

Tverskoi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, g. Tver'
** Institut vodnykh problem Rossiiskoi akademii nauk, filial Ivan'kovskaya NIS, g. Konakovo, Tverskaya oblast'

Summary. Preliminary researches of influence of dumping of warm waters of two large objects of the Tver region of the Kalinin NPP and Konakovo state district power plant on hydrochemical and hydrobiological (phytoplankton and the highest water vegetation) the modes of reservoirs coolers are conducted: lakes Pesvo, Udomlya and Moshkovichsky Gulf Ivankovskoye Reservoir. Reconnoitring researches of impurity of ground deposits of reservoirs coolers are conducted. It is established that dumping of warm waters, generally influences temperature condition of reservoirs that involves change of specific structure and specific variety of phytoplankton and the highest water vegetation.

The research is executed with financial support of the Russian Federal Property Fund and Administration of the Tver region within the scientific project No. 17-45-690600.

Keywords. Kalinin NPP, Konakovo state district power plant, lakes Pesvo and Udomlya, Ivankovskoye Reservoir, Moshkovichsky gulf, thermal mode, hydrochemical mode, ground deposits, phytoplankton, specific structure, the highest water vegetation.

СОДЕРЖАНИЕ

**Самсонов В.М., Каплунов И.А., Иванов А.М.,
Талызин И.В., Третьяков С.А.**

Влияние обработки поверхности кварца на ее
смачивание расплавом германия

(грант № 17-43-690186) 3

Абылкасымов Д., Шмидт Ю.И.

Резервы устойчивого и продуктивного
развития молочного скотоводства в Тверской
области

(грант №17-46-690596) 18

**Кузовлев В.В., Григорьева И.Л.,
Комиссаров А.Б., Чекмарёва Е.А**

Влияние крупных объектов теплоэнергетики
тверской области на современное
гидроэкологическое состояние водоемов-
охладителей

(грант № 17-45-690600) 35

Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О.

Синтез триботехнических композиционных
покрытий с керамической матрицей и их
фрикционные испытания

(грант № 17-48-690826) 70