

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОМОНИТОРИНГА ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ КАЛИНИНСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Суворова С.Ю., Рассказова М.М., Комарова Л.Н., Андрейчук С.Д., Пятов В.С.,
Ульяшова А.А., Шерова А.Д.

ИАТЭ НИЯУ МИФИ,
249039, г. Обнинск Калужской обл., Студгородок, 1



Целью работы являлась биологическая оценка состояния среды озер Удомля и Песьво, используемых Калининской АЭС в качестве водоемов-охладителей. Был произведен анализ видового разнообразия высшей водной и прибрежной растительности, сообщества макрозообентоса, на основании которого была проведена оценка воды по методу сапробности, по трофическим свойствам, уровню загрязнения и видовому разнообразию с использованием индекса разнообразия Шеннона. Работа была выполнена в целях изучения среды обитания вида-образателя *Dreissena polymorpha*, являющегося главным источником биопомех на Калининской АЭС, а также для последующих разработок мер борьбы с биообрастанием. При модернизации мероприятий, направленных на предотвращение биообрастания в системах водоснабжения АЭС, необходимо соблюдение экологического равновесия, при котором не будет нарушаться стабильность среды водоема-охладителя. Понимание процессов и биологических связей в среде обитания видов-образателей позволит воздействовать на их популяцию таким образом, чтобы не истреблять, а влиять на численность и кормовую базу вида моллюсков *Dreissena polymorpha*. В работе также представлены результаты исследования распределения вида по уровням глубины водоема и морфометрические показатели популяции. Полученные результаты показывают, что среда водоемов-охладителей характеризуется как стабильная с умеренным видовым разнообразием; предпочтительным субстратом для прикрепления является каменистый грунт, наибольшее количество особей дрейссены обнаружено в прибрежной области, сама популяция моллюсков характеризуется высокой интенсивностью размножения и распространения по акватории озер.

Ключевые слова: экологический мониторинг, водоемы-охладители, Калининская АЭС, макрофиты, перифитон, дрейссена.

© Суворова С.Ю., Рассказова М.М., Комарова Л.Н., Андрейчук С.Д., Пятов В.С.,
Ульяшова А.А., Шерова А.Д., 2024

Для цитирования: Суворова С.Ю., Рассказова М.М., Комарова Л.Н., Андрейчук С.Д., Пятов В.С., Ульяшова А.А., Шерова А.Д. Результаты биомониторинга водоемов-охладителей Калининской атомной электростанции. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2024. – № 4. – С. 104–116. DOI: <https://doi.org/10.26583/ire.2024.4.09>

ВВЕДЕНИЕ

Воздействие техногенных факторов, обусловленных деятельностью АЭС, оказывает значительное влияние на формирование экосистемы водоема-охладителя (ВО), в то время как процессы, происходящие внутри водоема, усложняют условия эксплуатации различного оборудования, включая системы теплообмена атомной электростанции [1]. Деятельность атомных станций неизбежно сопровождается не только подогревом воды, но и другими воздействиями на воду и содержащиеся в ней организмы [2]. Воды вместе с планктоном и молодь рыб, забираемые для охлаждения из водоема, подвергаются действию значительного давления в насосах и высоких скоростей в трубках конденсатора, что приводит к механическому травмированию и тепловому шоку находящихся в воде организмов. С целью снижения травмирующего влияния конструкций сооружений атомных станций разработан и эффективно применяется комплекс рыбозащитных мероприятий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика объекта. Калининская АЭС располагается в Тверской области, г. Удомля. АЭС включает в себя четыре энергоблока типа ВВЭР-1000 с мощностью 1000 МВт каждый. В качестве водоема-охладителя используется Удомельское водохранилище, в состав которого входят озера Удомля и Песьво, являющиеся главными объектами исследования в представленной работе.

С озерами гидрологически связаны реки Съезжа, Съюча, Хомутовка, Овсянка, Тихомандрица. Озера Удомля (тектоническое) и Песьво (термокарстовое) – два самых крупных в системе Удомельского водохранилища, проточные, техногенно-трансформированные строительством и эксплуатацией Калининской АЭС, развитием сопутствующей инфраструктуры (делительные дамбы, водоподводящие и водоотводящие гидротехнические сооружения и т.д.).

Повышение температуры ниже сброса подогретых вод воздействует на гидрофауну и гидрофлору, включая бентос. В районе АЭС на организмы водоема, кроме добавочного тепла, одновременно действует ряд иных факторов: травмирование при прохождении теплообменных агрегатов станции, течение, изменение кислородного режима, поступление промышленных загрязнений от АЭС, поступление бытовых загрязнений от жилых кварталов. Ниже места водосброса накапливается биомасса погибающих и мертвых планктонных организмов, что способствует развитию бактериальной флоры.

Отбор проб. Исследование флоры водоемов-охладителей проводилось по общепринятой методике В.М. Катанской [3]. Во время флористических исследований учитывались все виды сосудистых растений, встреченные в водной среде водохранилища. Отбор высших растений проводится путем извлечения растения с корнем с помощью маленькой садовой лопатки с дальнейшим помещением растений в целлофановые мешки (с последующей гербаризацией после высушивания) или непосредственно в гербарий. Дальнейшее определение проводилось с использованием каталогов-определителей [4–6].

На установленных согласно целям исследования и с учетом рекомендаций начальника ООС Калининской АЭС станциях пробоотбора собирали перифитон скребком, пробы переносили в термос для транспортировки в лабораторию, где организмы фиксировали в 2–4%-ом растворе формальдегида. Отлов зообентоса осуществлялся гидробиологическим скребком в зоне погруженных в воду растений. Общее время сбора одной пробы – 1 мин. Содержимое скребка тщательно промывалось от ила в воде того же водоема. Содержимое проб было идентифицировано с использованием определителей [7–9] непосредственно на месте отбора проб и в лабораторных условиях.

Основным видом-источником биологических помех в системе технического водоснабжения Калининской АЭС является вид моллюсков дрейссена речная (*Dreissena polymorpha*). Как и многие моллюски, взрослые особи дрейссены ведут прикрепленный образ жизни, а свободноплавающие личинки (велигеры) разносятся с током воды в новые места обитания, в которых дрейссена впоследствии находит субстрат для прикрепления. Субстратом могут служить камни, раковины дрейссены или других видов моллюсков, а также различные сооружения, погруженные в воду [10]. Для изучения пространственного распределения дрейссены речной на разных экологических уровнях водоема использовался дночерпатель [11]. В области литорали пробы отбирались вручную. Отобранные пробы грунта помещали в контейнеры и пакеты (в зависимости от типа грунта – каменные в контейнеры, песчаные и илистые в пакеты) и снабжали соответствующей маркировкой с местом и датой отбора проб, глубиной отбора и типом грунта. Глубина отбора проб находится в диапазоне от 0 до 5 м.

Методы исследования. Для оценки состояния природной среды использовали следующие параметры: загрязненность водоемов по методу сапробности и анализу макрозообентоса; трофические свойства водоемов и качество воды на основе высших растений, видовое разнообразие по индексу Шеннона и анализ проб донных отложений.

При гидрботаническом описании фитоценоза была составлена характеристика, включающая в себя список видов растений, параметры их обилия, покрытия, жизненности, размещения по площади (равномерно, пятнами, группами и т.п.), общего состояния фитоценоза. На основании описания были выделены доминирующие виды в формациях. Принцип метода оценки трофических свойств водоема основан на учете видового разнообразия представителей водной макрофлоры и их индикаторной значимости. Метод оценки класса качества воды заключается в обнаружении в водной среде индикаторных видов растений, адаптированных к определенной степени загрязнения (от крайне слабого до очень сильного) [8].

В лабораторных условиях пробы перифитона подсчитывали и определяли видовой состав путем просмотра 50-ти полей зрения на одну пробу под световым микроскопом. Для определения индекса сапробности учитывались индикаторная значимость и частота встречаемости организмов.

Определение биотического индекса на основании анализа макрозообентоса ведется по рабочей шкале, в которой используется наиболее часто встречаемая последовательность исчезновения индикаторных организмов зообентоса по мере увеличения загрязнения водоема [8, 12]. Индекс Вудивисса позволяет учесть общее видовое разнообразие бентоса в исследуемом сообществе организмов и наличие индикаторных видов, по которым возможно эффективно оценить степень загрязнения и эвтрофикации водоема.

Разнообразие видов по Шеннону H (1) характеризует два параметра биоценоза: число имеющихся видов и равномерность распределения их популяций, т.е. численность особей или их количественную долю. Чем выше значение H , тем выше видовое разнообразие в конкретном сообществе, и наоборот.

$$H = \sum_{i=1}^S h_i, \quad (1)$$

где $h_i = p_i \ln \frac{1}{h_i}$.

В выборке истинное значение p_i неизвестно, поэтому в качестве оценки берется n_i/N , отсюда $N = \sum_{i=1}^S n_i$, где S – число видов; n_i – количество (численность или масса особей) i -го вида; N – общее количество видов; p_i – относительная частота встречаемости i -го вида; h_i – частичная мера информации i -го вида или структура доминирования i -го вида.

Пробы донных отложений в лаборатории исследовались по параметрам общего веса пробы, веса пустых раковин и веса живых особей дрейссены. Вес проб измерялся с помощью лабораторных технических и аналитических весов. Промытые пустые раковины фиксировали в спиртоглицерине для дальнейшего исследования.

Статистическую обработку данных производили с использованием табличного процессора MS Excel 2021. Проверка нормальности распределений производилась с помощью расчета критерия Шапиро-Уилка. Статистическую значимость различий рассчитывали по критерию Манна-Уитни для уровня значимости 5%. На диаграммах представлены средние значения и стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ высшей водной и прибрежной растительности водоемов-охладителей Калининской АЭС. В результате анализа гидрботанических описаний прибрежной и водной зон озера Удомля, реки Овсянки и озера Песьво было выделено 25 видов макрофитов, 11 видов в прибрежной и 14 видов в водной зоне водоемов. В прибрежной и водной зонах озера Удомля и реки Овсянка обнаружено шесть формаций макрофитов, среди которых доминантными видами являлись уруть колосовая (*Myriophyllum spicatum*) и уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum*), ряска малая (*Lemna minor*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), хвощ приречный (*Equisetum fluviatile*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и тростник обыкновенный (*Phragmites australis*). Тростник был отмечен в трех из восьми точек обследования, в то время как остальные доминантные виды были отмечены только в одной точке для каждого вида соответственно. Количественное соотношение видов во всех формациях на озере Удомля и реке Овсянка представлено на рис. 1.

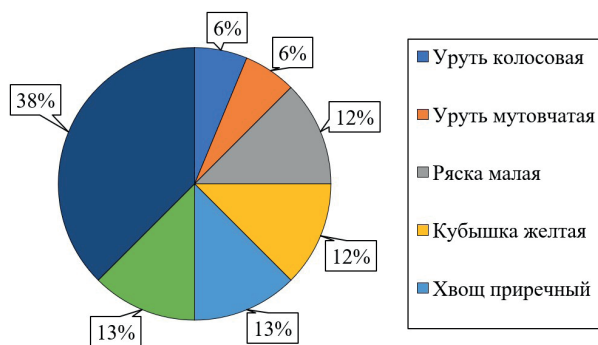


Рис. 1. Соотношение доминантных видов в формациях оз. Удомля и р. Овсянка

При обследовании прибрежной и водной зон озера Песьво были выделены четыре формации, в которых были определены такие доминантные виды, как тростник обыкновенный (*Phragmites australis*) и рогоз широколистный (*Typha latifolia*). При этом тростник обыкновенный преобладал в трех из четырех точках пробоотбора (рис. 2).

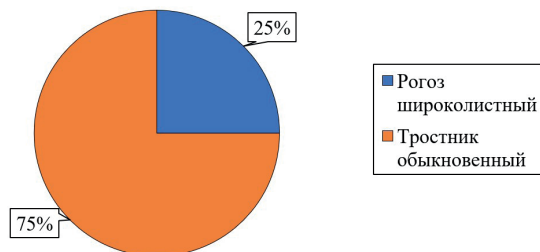


Рис. 2. Соотношение доминантных видов в формациях оз. Песьво

По результатам проведенного гидрботанического описания сделан вывод о том, что тростник обыкновенный (*Phragmites australis*) является доминирующим видом на обоих озерах, это обусловлено тем, что тростник обыкновенный наиболее активно размножается в зонах с достаточной влажностью и длительным периодом положительных температур – такие условия можно отнести к параметрам водоема.

Оценка трофических свойств и степени загрязнения водоемов-охладителей Калининской АЭС с использованием высших растений. На основе индикаторной значимости и частоты встречаемости видов была рассчитана общая суммарная трофность оз. Удомля и оз. Песьво. Таким образом, оз. Удомля присвоено значение 2,3 по расчету общей суммарной трофности, что соответствует переходному типу от олиго- к мезотрофному водоему. Для озер олиго- и мезотрофного типа характерны незначительная степень зарастания, разреженность фитоценозов, удовлетворительное развитие растений.

Аналогичные расчеты на основе выделенных индикаторных видов были проведены для оз. Песьво – общая суммарная трофность водоема составила 1,6, что соответствует переходному типу между дистрофным и олиготрофным водоемом. Для водоемов такого типа характерно небольшое заболачивание местности, низкие берега, разреженность прибрежных зарослей тростника и хвоща совместно с малой степенью зарастания водоема и удовлетворительным развитием растительности.

При проведении сравнения трофности обоих водоемов показано, что озеро Песьво обладает меньшими трофическими свойствами по сравнению с переходным состоянием от олиго- к мезотрофному у озера Удомля. Полученный результат объясняется тем, что озеро Удомля превосходит озеро Песьво по площади и количеству совмещаемых водных потоков. Так в Удомлю впадают одновременно две реки – Овсянка и Тихомандрица, в то время как в меньшее по площади озеро Песьво впадает только водный поток от небольшого озера Съюча. Также играет роль наличие каменных укреплений, препятствующее обмелению и зарастанию берегов водоема.

Для озера Удомля коэффициент загрязнения воды составил 3, что соответствует умеренно загрязненному типу водоема. В озере Удомля были отмечены виды-индикаторы слабо загрязненной воды, такие как хара ломкая и уруть колосовая, вид-индикатор умеренно загрязненной воды – уруть мутовчатая, и характеризующие очень сильное загрязне-

ние воды роголистник погруженный и ряска малая, однако данных видов было отмечено меньше, чем видов, характерных для более чистых типов водоемов.

Для озера Песьво коэффициент загрязнения воды составил 2,7, что соответствует переходному типу водоема между слабо- и умеренно загрязненным. В озере Песьво были отмечены виды-индикаторы слабо загрязненной воды, такие как хара ломкая и уруть колошовая, вид-индикатор умеренно загрязненной воды – уруть мутовчатая, и вид, характеризующий очень сильное загрязнение воды, – роголистник погруженный. Преобладающими по частоте встречаемости отмечены виды, произрастающие в слабо и умеренно загрязненной воде.

По рассчитанным ранее коэффициентам озеро Удомля превосходит озеро Песьво на 0,3, что подтверждает небольшую разницу в степени загрязненности водоемов токсическими веществами. Таким образом, Удомельское водохранилище, используемое КЛНАЭС в качестве водоема-охладителя, обладает индексом загрязнения воды в диапазоне от 1 до 2 и III классом качества воды.

Анализ видового разнообразия макрофитов по индексу Шеннона. На основании подсчета количества особей каждого вида, общего количества видов в сообществе и процента каждого вида для озера Удомля индекс Шеннона составил 2,42, а для озера Песьво – 2,13. Вариация индекса Шеннона находится в диапазоне от 1,5 до 3,5, соответственно полученные значения индекса H характеризуют средние значения, что свидетельствует об умеренном видовом разнообразии обоих озер Удомельского водохранилища.

Таким образом, флора ВО КЛНАЭС характеризуется умеренным видовым разнообразием, что обусловлено изменением гидротермического режима водоема в связи со сбросом подогретых вод с АЭС в сравнении с антропогенно неизменными водоемами [13], относительно низкой береговой линией и средними показателями трофности. Наличие такого фактора как сброс теплых вод в водохранилище может оказывать различное воздействие на пролиферацию водных и прибрежных макрофитов, поэтому видовое разнообразие неодинаково для разных зон водоема [14]. Тем не менее, умеренное видовое разнообразие ВО КЛНАЭС свидетельствует о стабильности биоценозов в условиях антропогенного воздействия АЭС.

Оценка качества воды по системе сапробности. В ходе исследования было проанализировано пять проб с двух точек пробоотбора на озере Удомля и шесть проб с трех точек пробоотбора на озере Песьво, отобранных в прибрежной зоне водоема. Индекс сапробности озера Удомля находится в пределах от 1,56 до 1,81. Преобладающими в перифитонном сообществе являются диатомовые и эвгленовые виды: *Nitzschia longissima*, *Neidium productum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Cyclotella comta*. На основании рассчитанного индекса сапробности озеро Удомля относится к β -мезосапробному водоему.

Индекс сапробности озера Песьво находится в пределах от 1,71 до 1,89. Преобладающими в перифитонном сообществе являются диатомовые виды: *Neidium productum*, *Diatoma hiemale*, *Diatoma vulgare*. На основании рассчитанного индекса сапробности озеро Песьво также относится к β -мезосапробному водоему.

Таким образом, по показателю сапробности система озер Удомельского водохранилища, используемого Калининской АЭС в качестве водоема-охладителя, относится к β -мезосапробной зоне, обладающей такими характеристиками, как отсутствие загнивания и малое содержание сероводорода, большая потребность организмов в кислороде, медленная смена сообществ в биоценозе, значительные показатели разнообразия и преобладания отдельных видов [15]. Полученный индекс сапробности соответствует III классу качества

воды (умеренно загрязненная), что согласуется с результатами исследования качества воды в ВО по анализу водной флоры.

Определение качества воды с помощью биотического индекса по системе Ф. Вудивисса. Были проанализированы 12 проб макрозообентоса, собранные на станциях, совпадающих со станциями отбора проб перифитона. Для каждого озера было проанализировано шесть проб зообентоса с двух станций пробоотбора.

Преобладающими видами макрозообентоса для обоих озер являются: прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*), водяной клещ (*Hydrachna geographica*), личинка стрекозы рода Лютки (*Lestes* (сем. *Lestidae*)). При подсчете биотического индекса по системе Вудивисса обоим озерам был присвоен биотический индекс 7. Диапазон биотического индекса 6–7 характеризует умеренно загрязненные водоемы, класс качества воды III. Полученные результаты подтверждают полученные ранее выводы о наличии умеренного загрязнения ВО КпнАЭС.

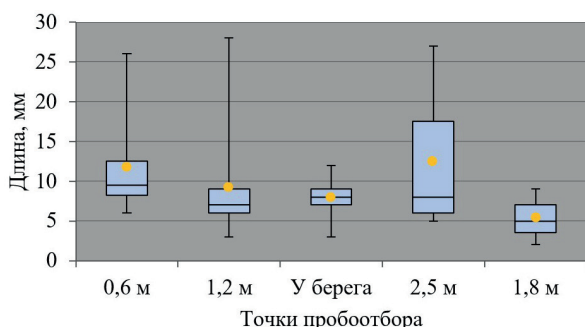


Рис. 3. Данные измерений длины раковин живых особей дрейссены из озера Удомля

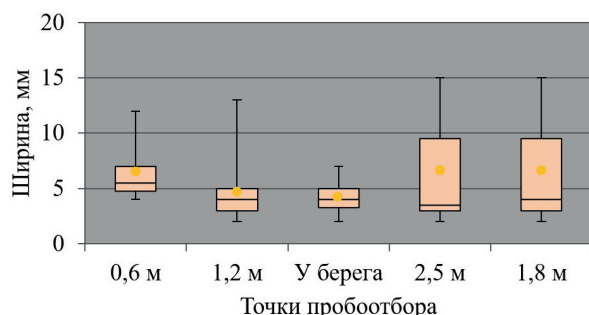


Рис. 4. Данные измерений ширины раковин живых особей дрейссены из озера Удомля

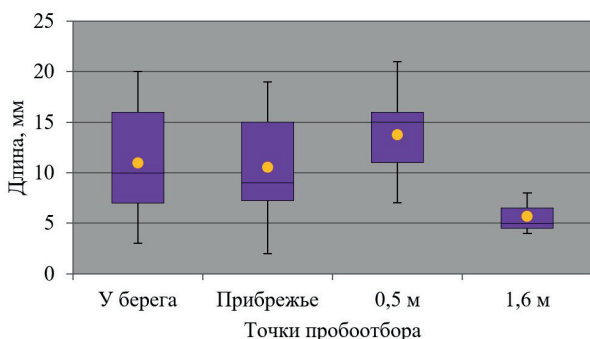


Рис. 5. Данные измерений длины раковин живых особей дрейссены из озера Песьво

Изучение морфометрических показателей моллюсков *Dreissena polymorpha*. Живые особи дрейссены из проб грунта ВО были измерены по показателям длины и ширины раковины. Данные измерений представлены на рис. 3–6.

Средние показатели длины раковин дрейссены находятся в диапазоне 11–14 мм, ширины – 4–6,5 мм. Результаты измерения массы живых особей представлены на рис. 7–8.

Средний показатель массы находится в диапазоне 0,04–0,5 г. Наличие больших пределов погрешности связано с разнообразием возрастов особей в популяции – размножение моллюсков в системе водоемов-охладителей происходит с большой интенсивностью, поэтому в выборке присутствуют как совсем молодые, так и взрослые многолетние особи.

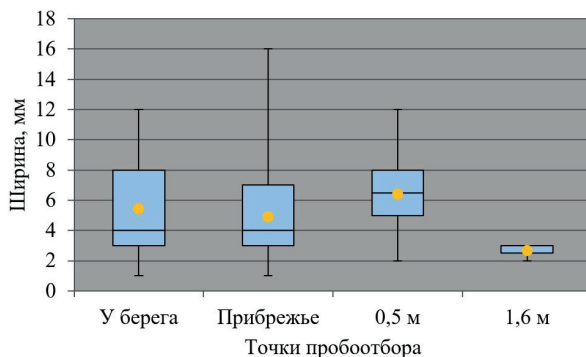


Рис. 6. Данные измерений ширины раковин живых особей дрейссены из озера Песьво

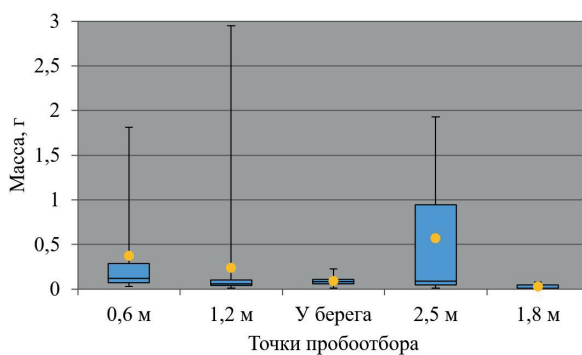


Рис. 7. Данные измерений массы живых особей дрейссены из озера Удомля

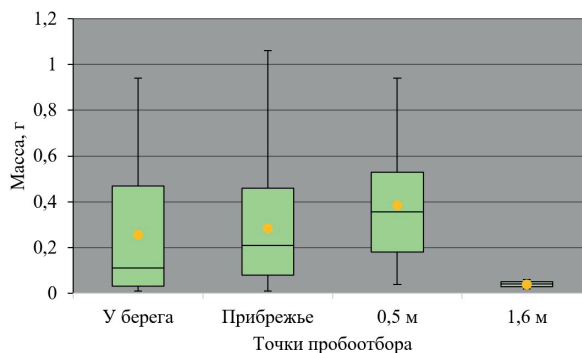


Рис. 8. Данные измерений массы живых особей дрейссены из озера Песьво

Также было проанализировано количественное распределение живых особей относительно разных глубин отбора проб дночерпателем.

В пробах грунта илистого типа живых особей дрейссены обнаружено не было, что свидетельствует о том, что илистый грунт является неподходящим условием для их обитания, так как биотопом дрейссены может быть любой твердый субстрат как минерального, так и органического происхождения, но на богатом органическими веществами иле она не живет [16]. Больше количество живых особей было обнаружено на каменистых пробах грунта.

Таблица 1

Количественное распределение дрейссены в зависимости от типа грунта

Озеро Удомля			
№ пробы	Глубина отбора, м	Тип грунта	Количество особей
1	0,6	Песок	8
2	1,2	Камень	118
3	< 0,5 (прибрежье)	Камень	46
4	2,5	Песок	7
5	1,8	Песок	3
6	1,35	Ил	0
Озеро Песьво			
1	< 0,5 (у берега)	Камень	110
2	< 0,5 (прибрежье)	Камень	86
3	0,5	Камень	66
4	1,6	Песок	3
5	2,5	Песок	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты проведенных исследований относительно состояния водной среды озер Удомля и Песьво, их биологического разнообразия и сапробности, сделан вывод, что озера являются β-мезосапробными, обладают умеренным видовым разнообразием водной флоры и умеренной степенью загрязнения, по нескольким индексам класса качества воды им присвоен III класс качества воды. Водоемы являются экологически полноценными, вода может использоваться для питья с предварительной очисткой, рыбоводства и орошения. Умеренное видовое разнообразие, отмеченное в Удомельском водохранилище, характеризует сложившуюся впоследствии антропогенного изменения среду озер как стабильную.

В научно-техническом плане защита от биообрастания – это комплексная проблема, для решения которой необходимы исследования по изучению видового разнообразия микроорганизмов, растений и животных, поступающих из водоема и развивающихся в системе водоснабжения. Важным элементом является грамотное проведение биомониторинга, позволяющего скорректировать комплекс мер, направленных на поддержание стабильности среды водоема-охладителя.

Литература

1. Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И. и др. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. – Киев: Наукова думка, 1991. – 190 с. ISBN 5-12-002075-5.
2. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Экология организмов водохранилищ-охладителей. – Л.: Наука. – 1975. – 289 с.
3. Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. – Л.: Наука, 1979. – 279 с.

4. *Маевский П.Ф.* Флора средней полосы европейской части России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 635 с. ISBN 978-5-87317-958-9.
5. *Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Скворцов А.К., Крылов А.В., Воронкина Н.В., Попченко М.И., Шмытов А.А.* Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 548 с. ISBN 978-5-87317-668-7.
6. *Шанцер И.А.* Растения средней полосы Европейской России. Полевой атлас. 2-е изд. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 470 с. ISBN 5-87317-151-3:5000.
7. *Алексеев В.Р., Глаголев С.М., Добрынина Т.И.* Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской части России – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 474 с. ISBN 978-5-87317-684-7.
8. *Сарапульцева Е.И., Ускалова Д.В.* Практическое руководство к полевым и лабораторным занятиям по курсу «Биологический мониторинг окружающей среды»: учебное пособие для бакалавров, обучающихся по направлению «Биология». – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2016. – 40 с. ISBN 978-5-7695-5594-7.
9. *Чертопруд М.И., Чертопруд Е.С.* Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 224 с. ISBN 978-5-87317-638-0.
10. *Морозовская И.А., Протасов А.А.* Зооперифитон и обрастание в водоемах-охладителях атомных и тепловых электростанций – Ядерная энергетика та доквілля. – 2013. – № 2. – С. 55–58.
11. *Арчибисов Д.А., Касперович Е.В., Лякишев М.С., Петренко О.Е., Швецов В.А.* Обзор существующих устройств отбора проб донных отложений. Необходимость и направления их модернизации. // Вестник КамчатГТУ. – 2014. – № 30. – С. 6–11.
12. *Мелехова О.П., Сарапульцева Е.И., Евсеева Т.И. и др.* Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с. ISBN 978-5-7695-7033-9.
13. *Серяков С.А.* Альгоиндикация состояния водоемов-охладителей Калининской АЭС / ВОДОРОСЛИ: ПРОБЛЕМЫ ТАКСОНОМИИ, ЭКОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МОНИТОРИНГЕ. Материалы II Всероссийской конференции. Сыктывкар, 5–9 октября 2009 г. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. – С. 305–308.
14. *Зарубина Е.Ю., Соколова М.И.* Флористическое разнообразие и особенности зарастания водоема-охладителя Беловской ГРЭС (Кемеровская область) / Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» – Барнаул, 2015. – С. 82–85.
15. *Зуева Н.В., Алексеев Д.К., Куличенко А.Ю., Примак Е.А., Зуев Ю.А., Воякина Е.Ю., Степанова А.Б.* Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учебное пособие для высших учебных заведений. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 140 с. ISBN 978-5-86813-509-5.
16. *Пряничникова Е.Г., Цветков А.И.* Основные характеристики популяции *Dreissena polymorpha* (*Bivalvia, Dreissenidae*) в озере Плещеево. // Трансформация экосистем. – 2018. – №2. – С. 73–80. DOI: 10.23859/estr-180723a

Поступила в редакцию 02.10.2024

Авторы

Суворова Светлана Юрьевна, студент,

E-mail: svetlanasuvorova2000@rambler.ru

Рассказова Марина Михайловна, доцент, к.биол.н.,

E-mail: rassmarina@mail.ru

Комарова Людмила Николаевна, профессор, д.биол.н.,

E-mail: komarova_l411@mail.ru

Андрейчук Сергей Дмитриевич, студент,

E-mail: sergey-andreychuk23199@yandex.ru

Пятков Владимир Сергеевич, студент,

E-mail: pyatvov@mail.ru

Ульяшова Арина Александровна, студент,

E-mail: arina.ulyashova@gmail.com

Шерова Арина Дмитриевна, студент,

E-mail: arina.sherova@yandex.ru

UDK: 57.047

Results of Biomonitoring of Cooling Ponds at the Kalinin Nuclear Power Plant

Suvorova S.Yu., Rasskazova M.M., Komarova L.N., Andreychuk S.D., Pyatov V.S., Ulyashova A.A., Sherova A.D.

IATE MEFPhI,

1 Studgorodok, 249039 Obninsk, Kaluga reg., Russia

Abstract

The purpose of the study was to assess the state of environment in the lakes Udomlya and Pes'vo used as cooling ponds by the Kalinin NPP. The species diversity of the higher aquatic and coastal vegetation and the macrozoobenthos community was analyzed, based on which water was assessed using the saprobic method in terms of the trophic level, the pollution level and the species diversity with the use of the Shannon Diversity Index. The study was undertaken to explore the habitat of the *Dreissena polymorpha* fouling species, which is the major source for biofouling at the Kalinin NPP, as well as for further development of biofouling control measures. When modernizing measures aiming to prevent biofouling in the NPP water supply systems, it is necessary to preserve the ecological balance with which the stability of the cooling pond environment will not be disturbed. Understanding the processes and biological connections in the fouling species habitat will make it possible to act on their population in such a way that the abundance and nutritive base of the *Dreissena polymorpha* mollusk species are affected on rather than exterminated. The study also presents the results of investigating the species distribution by the water body depth levels and depending on the morphometric indicators of the population. The results obtained show that the cooling ponds environment is characterized as stable with a moderate species diversity, the preferred substrate for attachment is stony ground, the largest number of *Dreissena* species was found in the coastal area, and the mollusk population as such is characterized by a high intensity of the reproduction and distribution over the lakes cape.

Keywords: environmental monitoring, cooling ponds, Kalinin NPP, macrophytes, periphyton, bivalves *Dreissena polymorpha*.

For citation: Suvorova S.Yu., Rasskazova M.M., Komarova L.N., Andreychuk S.D., Pyatov V.S., Ulyashova A.A., Sherova A.D. Results of Biomonitoring of Cooling Ponds at the Kalinin Nuclear Power Plant. *Izvestiya vuzov. Yademaya Energetika*. 2024, no. 4, pp. 104–116. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.4.09> (in Russian).

References

1. Protasov A.A., Sergeeva O.A., Kosheleva S.I., Kaftannikova O.G., Lenchina L.G., Kalinichenko R.A., Vinogradskaya T.A., Novikov B.I., Afanasyev S.A., Sinitsyna O.O. *Hydrobiology of cooling reservoirs of thermal and nuclear power plants of Ukraine*. Kiev. Naukovadumka Publ., 1991, 190 p. ISBN 5-12-002075-52 (in Russian).
2. Mordukhai-Boltovskoi F.D. *Ecology of organisms of cooling reservoirs*. Leningrad, Nauka Publ., 1975, 289 p. (in Russian).
3. Katanskaya V.M. *Vegetation of cooling reservoirs of thermal power plants of the Soviet Union*. Leningrad, Nauka Publ., 1979, 279 p. (in Russian).
4. Mayevsky P.F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*. Moscow. Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK Publ., 2014, 635 p. ISBN 978-5-87317-958-9 (in Russian).
5. Reshetnikova N.M., Mayorov S.R., Skvortsov A.K., Krylov A.V., Voronkina N.V., Popchenko M.I., Shmytov A.A. *Kaluga flora: an annotated list of vascular plants of the Kaluga region*. Moscow. Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK Publ., 2010, 548 p. ISBN 978-5-87317-668-7 (in Russian).
6. Shanzer I.A. *Plants of the middle zone of European Russia. Field atlas*. Ed. 2. Moscow. Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK Publ., 2007, 470 p. ISBN 5-87317-151-3:5000 (in Russian).
7. Alekseev V.R., Glagolev S.M., Dobrynina T.I. *Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of the European part of Russia*. Moscow. Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK Publ., 2010, 474 p. ISBN 978-5-87317-684-7 (in Russian).
8. Sarapultseva E.I., Uskalova D.V. *Practical guide to field and laboratory activities in the course «Biological monitoring of the environment»: a textbook for bachelors studying in the field of Biology*. Obninsk. IATE MEPhi Publ., 2016, 40 p. ISBN 978-5-7695-5594-7 (in Russian).
9. Tchertoprud M.I., Tchertoprud E.S. *A brief determinant of invertebrates of fresh waters of the center of European Russia*. Moscow. Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK Publ., 2011, 224 p. ISBN 978-5-87317-638-0 (in Russian).
10. Morozovska I.A., Protasov A.A. Zooperifiton and fouling in cooling reservoirs of nuclear and thermal power plants. *Yaderna energetika ta dovkilliya*. 2013, no. 2, pp. 55-58 (in Russian).
11. Archibisov D.A., Kasperovich E.V., Lyakishchev M.S., Petrenko O.E., Shvetsov V.A. Review of existing bottom sediment sampling devices. The necessity and directions of their modernization. *Vestnik KamchatGTU*. 2014, no. 30, pp. 6–11 (in Russian).
12. Melekhova O.P., Sarapultseva E.I., Evseeva T.I., Glazer V.M., Geraskin S.A., Doronin Yu.K., Kitashova A.A., Kitashov A.V., Kozlov Yu.P., Kondratieva I.A., Kossova G.V., Kotelevtsev S.V., Matorin D.N., Ostroumov S.A., Poghosyan S.I., Smurov A.V., Solovykh G.N., Stepanov A.L., Tushmalova N.A., Tsatsenko L.V. *Biological control of the environment: bioindication and biotesting: a textbook for students of higher educational institutions*. Akademiya Publ., 2007, 288 p. ISBN 978-5-7695-7033-913 (in Russian).
13. Seryakov S.A. Algoindication of the state of the cooling reservoirs of the Kalinin NPP. *ALGAE: PROBLEMS OF TAXONOMY, ECOLOGY AND USE IN MONITORING: Proc. of the II All-Russian Conference, Syktyvkar, Oct. 5–9, 2009*. Syktyvkar Institut biologii Komi NC UrO RAN Publ., 2009, pp. 305-308 (in Russian).
14. Zarubina E.Yu., Sokolova M.I. Floristic diversity and features of overgrowth in the cooling reservoir of Belovskaya GRES (Kemerovo region). *Proc. of the XIV International Scientific and Practical Conference «Problems of botany of Southern Siberia and Mongolia»*. Barnaul, 2015, pp. 82–85 (in Russian).
15. Zueva N.V., Alekseev D.K., Kulichenko A.Yu., Primak E.A., Zuev Yu.A., Voyakina E.Yu., Stepanova A.B. *Bioindication and biotesting in freshwater ecosystems: a textbook for higher educational institutions*. St. Petersburg. RGGMU, 2019, 140 p. ISBN 978-5-86813-509-5 (in Russian).
16. Pryanichnikova E.G., Tsvetkov A.I. Main characteristics of the Lake Pleshcheyevo population of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia, Dreissenidae). *Transformatsiya ekosistem*. 2018, no. 2, pp. 73–80. DOI: 10.23859/estr-180723a (in Russian).

Authors

Svetlana Yu. Suvorova, Master of Biology,

E-mail: svetlanasuvorova2000@rambler.ru

Marina M. Rasskazova, Associate Professor, Cand. Sci. (Biology),

E-mail: rassmarina@mail.ru

Ludmila N. Komarova, Professor, Dr. Sci. (Biology),

E-mail: komarova_l411@mail.ru

Sergej D. Andreychuk, undergraduate student,

E-mail: sergey-andreychuk23199@yandex.ru

Vladimir S. Pyatov, undergraduate student,

E-mail: pyatvov@mail.ru

Arina A. Ulyashova, undergraduate student,

E-mail: arina.ulyashova@gmail.com

Arina D. Sherova, undergraduate student,

E-mail: arina.sherova@yandex.ru