

Физическая география и геоэкология

УДК 550.4 + 574

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2022-2-13-24>

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИХТИОЦЕНОЗОВ ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ КАЛИНИНСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

О.А. Тихомиров

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Приведен анализ гидробиологического режима водоемов-охладителей за весь период существования Калининской атомной станции. Установлены основные этапы формирования ихтиоценозов под влиянием воздействия теплых вод атомной станции.

Ключевые слова: ихтиоценоз, тепловое воздействие, водоем-охладитель, атомная станция, этапы формирования.

Водоемы-охладители Калининской АЭС (озера Удомля и Песьво) находятся под воздействием природных и антропогенных факторов, их формирование протекает в условиях процессов, происходящих в созданном водохранилище, а также под воздействием стока загрязненных вод с водосбора. Важнейшим фактором влияния на экологическое состояние водоема является сброс теплых вод станции. Водоохранилище имеет важное рыбохозяйственное значение. С этой точки зрения вызывает научный и практический интерес изучение динамики формирования итиоценозов водоема-охладителя АЭС. Выбору биоценозов предшествовали фоновые, а также полевые рекогносцировочные исследования с целью оценки их текущего экологического состояния.

Основной задачей настоящей работы является анализ и оценка результатов многолетних наблюдений с выяснением степени неблагоприятности изменений, происходящих в водоемах-охладителях. Одним из важных компонентов, ощущающих антропогенное воздействие являются гидробионты и, в частности, рыбы. Оценка состояния ихтиофауны, ее динамики позволит в дальнейшем установить ущерб, связанный с природопользованием водоемов-охладителей и определить направления восстановления нарушенных участков, выбрать оптимальные условия для хозяйственной деятельности.

При выяснении динамики ихтиофауны использованы сведения из литературных источников, отчетов ГОСНИОРХ [1, 2, 3, 4] и Калининской атомной станции, данные полевых многолетних наблюдений (до 2020 г. включительно) водных экосистем региона КАЭС, материалы сотрудников кафедры зоологии Тверского государственного

университета, собранные в ходе исследовательских работ в Удомельском районе (2004-2018 гг.) [3, 4, 5, 6] и др.

Этап до строительства АЭС. Ихтиоценозы оз. Песьво и оз. Удомля в 60-80-е годы 20в. насчитывала 18 видов, среди которых преобладали снеток, плотва, лещ, окунь, ерш. Озера были ценнейшими водоемами рыбохозяйственного фонда Тверской области, что определялось наличием ряпушки, снетка и судака и др. При этом в оз. Песьво насчитывалось несколько меньше видов (14–15), чем в оз. Удомля (17–18). Виды относились к бореальному равнинному (щука, окунь, ерш, плотва, золотой карась, язь), бореальному подгорному (лещ, уклея, красноперка, густера) и арктическому (ряпушка, сиг, снеток, налим) фаунистическим комплексам. Ихтиоценоз оз. Удомля был близок к типу мезотрофных озер, а оз. Песьво приближалось к сукцессионной стадии эвтрофируемых озер, что подтверждалось встречаемостью ряда видов фауны, показателями численности, биомассы и промысловой продукции [2].

В оз. Удомля доминантными были планктонофаги – корюшка, ряпушка, уклея (50%) и бентофаги – лещ, густера (20%), составлявшие около 70% уловов. В ядро гидроценозов оз. Песьво входили корюшка, уклея, лещ, линь, плотва, щука, окунь, карась. Распространение ряпушки ограничивалось летними температурными показателями. Доминантными являлись бентофаги – лещ, густера (40%) и эврифаги – плотва и др. (30%), дававшие 70% уловов.

Проходные рыбы в ихтиоценозах отсутствовали. Промысловые уловы составляли: в оз. Удомля в 1934–1936 гг. – 43 кг, в 1960–1972 гг. – 22 кг, в 1981–1982 гг. – 21 кг/га; в оз. Песьво в 1934–1936 гг. – 49 кг, в 1960–1972 гг. – 30 кг, в 1981–1982 гг. – 35 кг/га [2].

Состояние рыбного населения, популяций, их структуры и функционирования изменилось после ввода в эксплуатацию Калининской АЭС. В 1984–1986 гг. началась перестройка гидробиоценозов озер. Она связана со строительством плотины на р. Съеже, созданием водохранилища и становлением гидрологического режима нового водоема в условиях работы 1-го энергоблока. На этом этапе начинаются первичные изменения ихтиофауны озер Песьво и Удомля, связанные с поступлением потока подогретой воды в водоем-охладитель и началом работы первого энергоблока АЭС.

Сукцессионные изменения этого периода связаны с возникновением новых условий в созданном водохранилище, новым гидрологическим и термическим режимом. Теплые сточные воды стали оказывать негативное влияние на холодолюбивые виды рыб арктического фаунистического комплекса (корюшка, сиг, ряпушка, налим).

Активные ихтиологические исследования (с 1986 по 1990 гг.) на водоемах-охладителях проводились специалистами Игналинской

АЭС с учетом условий различного подогрева воды в оз. Удомля и Песьво (в зоне с естественным температурным режимом, в зоне умеренного подогрева – на 4–5 градусов выше естественного и сильного подогрева – на 7–8 градусов выше естественных температур). Исследования показали, что через 3–5 лет после ввода в эксплуатацию АЭС в водоемах появились рыбы с изменениями в структуре склеритов чешуи и добавочными годовыми кольцами, что свидетельствует о неблагоприятных условиях, связанных с повышенными температурами. В целом, можно говорить о некотором снижении на этом этапе интенсивности жизнедеятельности гидробионтов под воздействием верхних пессимильных температур [3, 4, 5].

Следует отметить, что важным фактором сукцессионных процессов в это время явились строительные и земляные работы на площадке КЛНАЭС и в целом на побережье озер. Смыв с поверхности водосбора органических веществ способствовал усилению процессов эвтрофикации. Это привело к ухудшению условий для существования ряда видов ихтиофауны и, в первую очередь, арктических видов. В результате резко уменьшилось представительство ряпушки.

В этот период тенденция сукцессионных изменений была связана как с температурным режимом, так и тепловой эвтрофикацией. В ихтиоценозе оз. Удомля стала наблюдаться регрессивная сукцессия, проявляющаяся в элиминировании холодолюбивых видов арктического фаунистического комплекса (корюшка, сиг, ряпушка, налим), сменой доминантных видов, сокращением ихтиоценоза (до 11–13 видов) и его ядра. Потеряли доминирующее положение планктонофаги. Среди бентофагов уменьшилась удельная масса всех видов эври- и ихтиофагов. Ухудшилась кондиция уловов.

Важно отметить, что более глубокие преобразования были отмечены в оз. Удомля, по сравнению с оз. Песьво. Здесь в ихтиоценозе произошла сукцессионная смена доминантных видов местных рыб. Среди бентофагов снизилась удельная масса леща и повысилась масса густеры. Местные эври- (19%), бенто- (20%), ихтиофаги (22%) стали составлять примерно равные части в уловах.

Кроме того, в ихтиоценозе оз. Песьво на первый план выдвинулись интродуцированные виды (каarp, белый амур, серебряный карась) составлявшие по массе 33% уловов. В целом, по характеру питания, как и в оз. Удомле доминантными стали местные и интродуцированные бенто- (36%), эври- (25,5%) и ихтиофаги (22%) [3, 4, 5].

В условиях работы станции мощностью 2 ГВт наибольшая концентрация рыб отмечалась в обогреваемых участках. При этом менее эвритермные виды тяготели к зоне умеренного подогрева (лещ, судак), а более эвритермные виды с более высокими температурными оптимумами – чаще встречались в районе наибольшего подогрева

(плотва, густера, уклея). Участки максимального нагрева являлись местом концентрации молоди щуки и окуня. Интродуцированные теплолюбивые виды тяготели к районам сбросов теплых вод в условиях максимального и умеренного подогрева, а также к участкам, прилегающим к рыбоводным хозяйствам.

Рост рыб в этот период изменялся незначительно, но ускорилось созревание представителей ихтиофауны водоема-охладителя. Некоторое ускорение роста было отмечено у наиболее эвритермных видов (плотвы, густеры, уклеи, карася, а также судака), сосредоточенных в зоне умеренного подогрева. Рост мезотермных видов (щуки, окуня, леща) в условиях умеренных температур практически не изменился. Самым высоким темпом роста отличались интродуцированные термофильные виды. При этом изменение темпов роста рыб было наиболее выражено в период 1985–1987 гг. [3, 4, 5].

Одновременно шло изменение гидробиологического режима озер-охладителей, преобразование структуры и распределения сообществ гидробионтов. Под влиянием теплых вод наблюдалось интенсивное развитие водорослей, высшей водной растительности и дрейссены, что создало благоприятные условия для активного питания местных и интродуцированных фитофагов, малакофагов, прежде всего, в оз. Песьво. Подогретые воды в этом озере, и в дальнейшем в северной части оз. Удомля, оказывали угнетающее воздействие на некоторых бентофагов, особенно леща, линя и др., т.к. из состава их пищи выпал ряд стенотермных видов животных, вследствие размыва грунтов, под воздействием потока сбрасываемой воды. Так, если в 1974–1985 гг. биомасса фитопланктона в оз. Песьво составляла 10 г/м^2 а в оз. Удомля – $2,6 \text{ г/м}^2$, то в 1985–1988 гг. произошло ее снижение в оз. Песьво в несколько раз и некоторое повышение в оз. Удомля. Это явление сопровождалось соответствующим изменением численности и биомассы бактерио- и зоопланктона, являющейся питанием для личинок и молоди рыб разных видов, а также вселенных фито- и зоопланктонофагов (толстолобиков). Следует отметить, что конкуренция между молодью и толстолобиками слабо выражена, т.к. молодь рыб обитает на литорали, а толстолобики – в открытых частях водоемов. До 1985 г. в оз. Песьво биомасса зоопланктона летом достигала 10 г/м^3 , что характерно для эвтрофных водоемов, а в среднем за вегетационный период составляла 5 г/м^3 . Весной доминирующей группой были каловратки, летом и осенью – клadoцеры. В оз. Удомля биомасса достигала максимума в начале осени – 4 г/м^3 , а средняя составляла $2,7 \text{ г/м}^3$. Доминирующей группой во все сезоны были копеподы [2,3].

В 1986–1988 гг. продуктивность зоопланктона и бактериопланктона в оз. Песьво снижается, а в оз. Удомле – увеличивается. При этом в Удомле растет группа теплолюбивых

кладоцер, с максимальной биомассой в зоне слабого прогрева. При температуре выше 28°C наблюдалась тенденция снижения численности и биомассы зоопланктонных организмов.

В 1988 г. оз. Песьво оценивалось по кормовой базе как мезоэвтрофное, а оз. Удомля как мезотрофное. Это подтверждается составом зоопланктона (43 вида), из которых в этот период элиминировали холодолюбивые и часть фитофильных видов. Одновременно отмечалось появление новых эвритермных видов.

Донная фауна водоема-охладителя ограничена в развитии, что связано с преобладанием илов жидкой консистенции, узостью литоральной зоны и слабым зарастанием макрофитами (особенно в пределах оз. Удомли). В 1971 г. кормовая бентомасса в озере составляла 2 г/м², а в оз. Песьво – 3 г/м², с повышенной концентрацией личинок хирономид [2, 3, 4, 5].

Таким образом, в начальный период после создания водохранилища и ввода в действие АЭС произошли существенные перемены гидробиоценозов озера Удомля и Песьво. Это хорошо заметно при сравнении ихтиоценозов, существовавших до и после ввода в строй станции. В исходном состоянии биоценоз оз. Удомля находился на более ранней стадии сукцессионного развития (мезотрофной), а оз. Песьво на стадии начала эвтрофного развития. Ихтиоценоз оз. Удомля включал типичные для мезотрофных озер виды (сиг, корюшка, ряпушка, уклея, лещ, линь, плотва, щука, окунь, карась и др.). Доминировали планктонофаги – корюшка, ряпушка, уклея, из бентофагов – лещ, густера.

С преобразованием озер в охладитель в условиях работы АЭС мощностью 2000 МГВт произошла закономерная трансформация гидробиоценозов, их структуры и функционирования, а также популяционные изменения, тесно связанные с изменениями термического и трофо-химического режимов водоемов. Отмечается смена доминирующих видов рыб, планктофаги были заменены бенто-, эври- и ихтиофагами. Резко увеличилась численность интродуцированных видов – белого амура, карпа, серебряного карася. Стала прослеживаться регрессивная сукцессия в оз. Удомля, сопровождавшаяся уменьшением числа холодолюбивых видов арктического комплекса.

На этом этапе наблюдалось ускорение роста эвритермных видов рыб (плотвы, густеры, уклеи, карася, судака) в условиях умеренного подогрева. Рост мезотермных видов (щуки, окуня и леща) практически не изменился. В то же время интродуцированные термофильные рыбы (белый амур, карп, серебряный карась) отличались весьма быстрым темпом роста.

До создания водоема-охладителя основу уловов в озерах составляли лещ, плотва, а в оз. Удомля – корюшка. Изменение структуры

ихтиоценозов повлекло изменение в уловах рыбы. В зонах с более теплыми водами увеличилась доля наиболее эвритермных видов (плотва, густера, уклея), в условиях умеренного подогрева – менее эвритермных (лещ, судак). Основная часть теплолюбивых интродуцированных видов ограничивалась оз. Песьво [2, 3, 4, 5].

Из данных промысловых уловов, осуществленных в 2002 и 2004 гг., следует, что в водоеме произошла перестройка ихтиофауны, было обнаружено 13 видов рыб (против 18-и в начале 1980-х годов), из которых 3 вида – вселенцы (каarp, белый амур и толстолобик). Из ее состава полностью выпали представители арктического комплекса: ряпушка, снеток, сиг. Перестали встречаться в уловах налим, линь.

Рыбные запасы значительно сократились, уменьшился общий запас рыбы, практически в 3 раза. Если в 1982 г. он составлял 490,9 тонн, то к 2005 г. – 163 т.

Анализ промысловых и экспериментальных уловов, проведенный на озерах Песьво – Удомля в октябре 2002 г. и весной 2004 г., показал, что линейный и весовой рост рыб также претерпел некоторые изменения. По сравнению с началом 80-х годов возросли длина и масса рыб, особенно это хорошо прослеживалось в младших возрастных группах, но лучше всего росла плотва. В средних и старших возрастах, в частности у леща, эти показатели были на уровне или чуть выше 80 – х годов, т. е. интенсивное тепловое загрязнение в зависимости от величины температурной нагрузки может не только ускорять, но и замедлять рост многих видов рыб, в том числе и тех, которые обладают широкими приспособительными свойствами. В целом по темпу роста лещ, плотва и др. стали опережать рыб других водоемов Тверской области с естественным режимом. В то же время, следует отметить, что подогрев воды в озерах в результате работы станции способствовал созданию более благоприятных условий для искусственного выращивания рыбы.

Дальнейшее становление ихтиоценоза водоема-охладителя связано с пуском 3-го энергоблока. В отчетах АЭС отмечено, что в этот период наблюдается стабилизация эколого-токсикологического состояния водоемов-охладителей. Озера Удомля и Песьво находились в удовлетворительном состоянии, которое сопоставимо с другими рыбохозяйственными объектами Северо-Запада России. Существенного загрязнения за счет поступления сбросных теплых вод в этот период не происходило. Отмечались повышенные концентрации меди в воде (возможно аэрогенного происхождения), что было выявлено и в других водоемах (в контрольном водоеме Кезадра). В то же время было установлено влияние сточных вод г.Удомли и поверхностного стока на оз.Песьво. В целом загрязнение воды и донных отложений металлами находилось на уровне других водоемов северо-запада страны.

Исследования показали [3, 4, 5], что в этот период наблюдались

проявления токсикоза как у свободноживущих, так и выращиваемых рыб в виде повреждений слабой и средней тяжести, характерные и для других рыбохозяйственных водоемов. У садковых рыб встречался аэромоноз, как следствие высокой концентрации в воде органических веществ,

За 8 месяцев существования третьего блока АЭС значительных изменений в биологии, видовом составе, размере и возрастной структуре популяций рыб не было выявлено. Отмечался повышенный рост плотвы (в несколько раз выше, чем до пуска блока), что, возможно, связано с хорошей кормовой базой (обилием дрейссены, особенно в оз. Удомля). Наблюдавшиеся изменения в видовом составе, количестве видов в уловах скорее связаны, как считали исследователи, с погодными условиями. Запасы рыб в водоемах-охладителях, по сравнению с данными предыдущих лет, существенно не изменились. В этот период водоемы сохраняют свой рыбохозяйственный статус [3, 4, 5].

Современный период формирования ихтиофауны связан с пуском четвертого блока АЭС (в 2011–2012 гг.), мелиоративной и хозяйственной деятельностью на водоёме (строительство дамб, акклиматизация некоторых видов рыб и др.) и работой градирен. Эти условия и многолетняя деятельность Калининской атомной станции повлияли на состав ихтиофауны и формирование гидробиоценозов [6, 7].

Для целей исследования ихтиофауны и акклиматизации рыб важно оценить условия существования гидробионтов, основные гидрохимические показатели (температурный режим, pH, содержание кислорода и др.), установить их соответствие видовым требованиям. В местах вселения молоди рыб не должно быть резкой термической и солевой стратификации, оказывающей влияние на выживаемость и скорость расселения видов. Важно оценивать и кормовую базу. Так для вселения черного амура должны быть значительные запасы моллюсков [6, 7].

По данным Калининской атомной станции, наблюдение среднемесячных температур воды в оз. Удомля за период 2009–2016 гг. показало следующее. Увеличение температуры, приближающейся к отметке в 30 °С, было установлено в 2010 г. в летнее время (июль) и не превышало этого значения впоследствии. Высокие показатели характеризуются, прежде всего, жарким летом в этот период времени. Однако, температуры, находящиеся в пределах 20–25 °С, оказывают положительное влияние, побуждая к размножению и росту организмов. Таким образом, подогрев воды в умеренном климате оказывает негативное действие только в летние месяцы с жарким периодом времени. Подогрев воды изменяет гидрохимический режим, а вместе с тем биохимические процессы, возникающие в водоеме-охладителе: увеличение концентрации биогенных элементов, органического вещества, изменяются значения минеральных компонентов [6, 7].

По заданию Калининской АЭС в августе 2020 г. проведены исследования водоема-охладителя Калининской АЭС с оценкой современных условий, влияющих на состояние ихтиофауны [8, 9].

На оз. Песью проводились измерения глубин, температуры воды и содержания растворенного кислорода (табл.1). Температура воды в теплый период года изменялась в пределах от 20,9–24,7 °С. Различия в температуре между дном и поверхностью были незначительны. Наиболее высокие температуры воды отмечены на станциях № 2 и № 3. Кислородный режим удовлетворительный. На станциях № 1 и № 4 содержание растворенного кислорода было ниже норматива качества воды для рыбохозяйственных водоемов (6,0 мг/дм³) [8, 9].

Таблица 1

Температура и содержание растворенного кислорода в воде оз.Песью и оз.Удомля (27–28.08.2020 г.) [8, 9]

№ станции	Глубина, м	Температура, °С		Растворенный кислород			
				мг/дм ³		% от насыщения	
		Поверхность	Дно	Поверхность	дно	Поверхность	Дно
Озеро Песью							
Станция1	5,7	21,6	20,9	6,73	3,35	74	36
Станция2	3,1	24,7	22,4	7,75	6,36	89	71
Станция3	4,0	24,0	23,9	7,07	6,96	81	79
Станция4	5,8	21,8	21,3	6,53	5,40	72	59
Озеро Удомля							
Станция1	2,5	27,2	25,0	7,61	6,91	91	80
Станция2	7,0	24,8	23,7	7,36	5,35	85	61
Станция3	2,7	26,5	26,3	7,36	7,22	88	86
Станция4	10,0	27,0	26,9	6,91	6,23	83	75
Станция5	8,0	27,0	23,1	7,09	5,60	85	63
Водохранилище КлнАЭС							
Среднее	5,4	25,0	23,7	7,16	5,93	83	68
Норматив качества воды	-	Лето - 28 °С		Лето – не менее 6,0		-	

В оз. Удомля измерения глубины, температуры воды и содержания растворенного кислорода были проведены на 5 станциях. Температура воды изменялась в пределах от 23,1–27,2 °С. Кислородные условия здесь более благоприятны. На станциях №2 и №5 в придонных горизонтах содержание растворенного кислорода было ниже норматива качества воды для рыбохозяйственных водоемов (6,0 мг/дм³).

Средние значения, характеризующие запасы рыб в оз.Песьво и оз.Удомля, получены по результатам анализа уловов в 2020 г. Общий запас составил 713,6 т (табл. 2).

Таблица 2
Запасы рыбы в водоемах-охладителях за период 2015–2020 гг.
(по данным КАЭС)

Вид	Содержание в уловах, %	Запас, экз.	Средний вес 1 экз., кг	Запас, т
Лещ	27,1	500100	0,337	168,5
Судак	9,7	179003	0,544	97,4
Плотва	15,6	287880	0,305	87,8
Густера	6,7	123641	0,227	28,1
Окунь	14,9	274963	0,299	82,2
Линь	1,8	33217	0,46	15,3
Карась	5,6	103342	0,339	35,0
Сом канальный	8,1	149476	0,54	80,7
Осетровые	1,3	23990	0,358	8,6
Красноперка	2,7	49825	0,214	10,7
Тилапия	5,3	97806	0,462	45,2
Толстолобик	0,3	5536	5,406	29,9
Щука	0,1	1845	1,582	2,9
Сазан	0,8	14763	1,446	21,3
Итого	100	1845387		713,6

В уловах 2020 г. отмечена молодь тилапии и сома канального, что указывает на возможность естественного воспроизводства этих видов рыб в водохранилище. Исходя из современных условий наиболее перспективными с рыбохозяйственной точки зрения видами для искусственного воспроизводства и зарыбления водохранилища Калининской атомной станции являются сазан, толстолобик, амур черный [10].

По данным КАЭС, в общей численности рыб толстолобики составляют около 0,3 %. Главные основания для ежегодного зарыбления – ресурсы фитопланктона, отсутствие естественного воспроизводства популяции, высокая экологическая и пищевая ценность вида [8, 9].

Доля черного амура в общем запасе рыб водоема не определена. Благоприятным условием для выпуска молоди черного амура в озера-охладители являются ресурсы моллюска дрейссены. Черный амур – карповая рыба, достигающая больших размеров (длина 130 см и масса 50 кг). Кроме моллюсков он потребляет личинок различных насекомых, а также молодые побеги водных растений (осока, камыш). Он выступает как биологический мелиоратор, уничтожающий моллюсков, улучшая бактериальную обстановку.

Заключение:

Таким образом, за срок существования Удомельского водохранилища (озер Удомля и Песьво) можно выделить 4 этапа формирования ихтиофауны водоема-охладителя Калининской АЭС.

Первый этап (1984–86гг.) глубокой перестройки гидробиоценозов. Он связан со строительством плотины на р. Съеже, созданием водохранилища и становлением гидрологического режима водоема в условиях работы одного энергоблока. На этом этапе начинаются первичные изменения ихтиофауны озер Песьво и Удомля, связанные с началом работы АЭС и поступлением потока подогретой воды.

Общая тенденция сукцессионных изменений на этом этапе определяется ростом температур и преобразованием трофического состояния водоемов вследствие тепловой эвтрофикации. В ихтиоценозе оз.Удомля наблюдалась регрессивная сукцессия, проявляющаяся в элиминировании холодолюбивых видов арктического фаунистического комплекса, сменой доминантных видов, сокращением ихтиоценоза и его ядра. Начали терять доминирующее положение планктонофаги (44%).

Второй этап (1986–2005 гг.) формирования гидробиологического режима водоема-охладителя связан с высокой тепловой нагрузкой на мелководное оз.Песьво за счет воздействия двух блоков станции. В оз. Удомля теплые воды в этот период не сбрасывались. В результате стали проявляться существенные отличия ихтиофауны оз. Песьво от оз. Удомля. В пределах озера Песьво стали формироваться 3 зоны (сильного, умеренного и слабого) влияния теплых вод. При этом максимальное тепловое воздействие в течение всего года ощущала южная часть озера. Изменение условий привело к перестройке ихтиоценоза. Так по данным промысловых уловов (2002 и 2004 гг.), в водоеме было обнаружено меньшее количество видов (13) по сравнению с началом 80-х годов), из которых 3 вида – вселенцы (карп, белый амур и толстолобик). Из состава фауны полностью выпали представители арктического комплекса: ряпушка, снеток, сиг. Перестали встречаться в уловах налим, линь. Практически в 3 раза уменьшился общий запас рыбы. Изменился линейный и весовой рост рыб.

Третий этап (2005–2011 гг.). В начале этого периода экологическое состояние водоемов-охладителей возможно оценить, как удовлетворительное. Северная часть озера Удомля осталась в условиях близких к естественному режиму. В результате, в первые годы существования третьего блока АЭС значительных изменений в биологии, видовом составе, размере и возрастной структуре популяций рыб не было отмечено. В дальнейшем на третьем этапе после ввода в строй 3–го блока АЭС изменения усилились. Вместе с ростом объема сбрасываемых вод стал наблюдаться повышенный рост плотвы, что, возможно, связано с хорошей кормовой базой. Температура воды

в оз. Песьво при сбросе теплых вод АЭС стала существенно превышать нормативные требования. Проявились заметные изменения температуры водной массы в оз. Удомля в районе протоки, соединяющей его с оз. Песьво. В результате наблюдался рост заболеваемости рыб, проявления токсикоза и повреждений, как у свободноживущих, так и выращиваемых рыб.

Этап современной стабилизации ихтиоценоза. На четвертом этапе (2012–2021 гг.) современная ихтиофауна водоема-охладителя формируется под влиянием 4-х энергоблоков. Новые условия привели к перераспределению зон теплового воздействия в водоемах-охладителях. Произошло некоторое сокращение площади сильного подогрева в оз. Песьво. Одновременно появились новые зоны теплых вод в юго-западной и частично северной частях оз. Удомля, увеличилась зона умеренного теплового воздействия в озере.

Этап современной стабилизации ихтиоценоза характеризуется активным зарыблением водоема. Отмечается бурное развитие интродуцированных теплолюбивых видов рыб. Выросла встречаемость крупных по размерам вселенных регуляторов зарастания (белого и черного амуров, а также толстолобика), что указывает на благоприятные для этих видов условия обитания. Одновременно наблюдается увеличение численности неприхотливых видов и даже появление экзотических представителей ихтиофауны (канальный сом, красный паку, аквариумные рыбки и др).

Список литературы

1. Гидрохимический режим озер Песьво и Удомля в 1970-1990гг. и его прогноз при работе 11-й очереди КЛНАЭС. Книга 3. Гидрохимия озер-охладителей КЛНАЭС при работе 1-й и 2-й очереди КЛНАЭС. – Нижний Новгород. 1993. – 188 с.
2. Баранова В.В., Саппо Г.Б. Рост и численность рыб в водоеме-охладителе Калининской АЭС до пуска её в эксплуатацию // Биологические ресурсы водоемов-охладителей тепловых и атомных станций и перспективы их рыбохозяйственного использования. – Л., – 1985. – С.112–120.
3. Отчет по НИР «Гидролого-экологическое обоснование допустимой тепловой нагрузки КАЭС на озера-охладители Песьво и Удомля». – Л., Изд. ГГИ, 1993. – 144 с.
4. Предварительный отчет по изучению токсикологии рыб в водоемах-охладителях КЛНАЭС. ГосНИОРХ. Науч. рук. Н.М.Аршаница. – СПб., 2001. – 21 с.
5. Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение рыбохозяйственного мониторинга на водоемах-охладителях Калининской атомной станции» // Науч. рук. Н.М. Аршаница. – СПб., 2006. – 45 с.
6. Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблоков №2,3 Калининской АЭС на мощности

- реакторной установки 104% от номинальной (Договор № 162/13). 2013. Арх.№ ГТП-КС-2013-162-01 – Нижний Новгород, 2013. – 138 с.
7. Отчет. Охрана кружающей среды при работе энергоблока Калининской АЭС на повышенной до 104% мощности и 18-ти месячных топливных циклах. Москва, ФГУП «Атомэнергопроект», 2012 – 148 с.
 8. Аналитический отчет по теме: Мониторинг состояния почвенного покрова, мониторинг состояния растительного покрова, исследования ихтиофауны (ихтиомониторинг)... в части изменений, связанных с деятельностью Калининской АЭС. (2017–2021гг.). Удомля–Тверь, 2021. – 120 с.
 9. Отчет по экологической безопасности Калининской АЭС за 2020 г. Калининская АЭС Удомля–Тверь, 2021. – 38 с.
 10. Методические рекомендации по разведению и выращиванию посадочного материала рыб-биомелиораторов в условиях индустриальных (садковых) хозяйств // сост. Е.А. Мелченков, В.В. Калмыкова. – М.: Эко-Информ. 2009 – 123 с.

Об авторе:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии Тверского государственного университета (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3, корп. 2, e-mail: tikhomirovoa@mail.ru), ORSID: 0000-0002-6564-2077, SPIN-код: 2586-8054.

THE MAIN STAGES OF THE FORMATION OF ICHTHIOCOENOSIS IN THE COOLING PODS OF THE KALININSK NUCLEAR POWER PLANT

O.A. Tikhomirov

Tver state University, Tver

An analysis of the hydrobiological regime of cooling ponds for the entire period of the existence of the Kalinin nuclear power plant is given. The main stages of the formation of ichthyocenoses under the influence of the warm waters of the nuclear power plant have been established.

Keywords: *ichthyocenosis, thermal effect, cooling pond, nuclear power plant, stages of formation*