

**ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ****ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ: ОСНОВНЫЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ****В.Н. Безнос<sup>1</sup>, С.В. Горюнова<sup>2</sup>, М.А. Кучкина<sup>3</sup>, А.В. Попов<sup>4</sup>,  
В.П. Седякин<sup>5</sup>, А.А. Суздалева<sup>6</sup>***<sup>1</sup>Биологический факультет, Московский государственный университет,  
Ленинские Горы, 119892, Москва, Россия**<sup>2</sup>Экологический факультет, Российский университет дружбы народов,  
Подольское шоссе, 8/5, 113093, Москва, Россия**<sup>3</sup>Московский государственный строительный университет,  
Ярославское шоссе, 26129337, Москва, Россия**<sup>4</sup>ФГУП концерн «Росэнергоатом», филиал «Курская атомная станция»,  
Промзона, 307250, Курская обл., Курчатова, Россия**<sup>5</sup>Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН,  
ул. Глебовская, 20 б., 107258, Москва, Россия**<sup>6</sup>Лаборатория экологических исследований ООО «Альфамед 2000»  
ул. Большая Ордынка, 7, стр. 1, 113035, Москва, Россия*

В статье изложены основные концептуальные принципы экологической оптимизации гидротехнических сооружений (ГТС), являющейся необходимым условием сохранения существующего экологического состояния водных систем и реальным путем его улучшения. Экологическая оптимизация должна проводиться на всех стадиях жизненного цикла ГТС. Для устойчивого улучшения экологического состояния крупных водных объектов необходима координация и интеграция программ экологической оптимизации всех ГТС, являющихся элементами единых гидротехнических и/или водохозяйственных систем.

Интенсивное строительство крупных гидротехнических сооружений (ГТС), осуществлявшееся на протяжении XX в., рассматривается сейчас как один из наиболее значимых факторов деградации водных объектов [1-3]. Вместе с тем, как ни парадоксально это звучит, в настоящее время гидротехнические системы представляют собой, по сути, единственный механизм, способный реально улучшить экологическое состояние многих водных объектов, так как общий уровень антропогенного воздействия на биосферу достиг величины, при которой естественные процессы, поддерживающие в ней относительное постоянство условий, не справляются с данной задачей. Непрерывающийся рост народонаселения и еще более стремительный рост его потребностей не дает сколько-нибудь обоснованных надежд на изменение этой тенденции в обозримом будущем. Поэтому улучшить или хотя бы сохранить существующее экологическое состояние большинства водных объектов в настоящее время можно, только используя специальные технические системы, работа которых снижала бы уровень оказываемых на водосмы негативных воздействий. В отношении сравнительно небольших по своим размерам водотоков и водоемов данная проблема может быть решена путем их инженерно-экологического обустройства, т.е. создания специальных технических систем по кондиционированию и очистке вод [4-6]. Однако для более крупных водных объектов такой подход нереален: создание систем инженерно-экологического обустройства такого масштаба, несомненно, потребовало бы много времени и очень больших финансовых вложений. В современных социально-экономических и

политических реалиях ни тем, ни другим наше общество не располагает. Решить данную задачу можно только на основе использования потенциальных возможностей, соответствующих по своим масштабам уже существующим крупным гидротехническим системам, состоящим из комплексов ГТС, объединенных общими эксплуатационными целями.

Под *экологической оптимизацией ГТС* мы понимаем *разработку и осуществление программ, включающих комплекс мероприятий по повышению результативности позитивных воздействий при одновременном снижении негативных*. Данная задача уже сейчас рассматривается как одна из основных при разработке систем корпоративного экологического менеджмента [7; 8]. Однако эти попытки носят в большинстве своем декларативный характер. Основная трудность для внедрения их на практике заключается в отсутствии концептуальных основ методологии этой деятельности, позволяющих сформулировать конкретные задачи (а не расплывчатые пожелания), реализация которых принесла бы ощутимый эффект.

Разработка концепции экологической оптимизации производственных объектов требует отказа от ряда сложившихся стереотипов. Прежде всего, это относится к прочно укоренившемуся постулату о том, что любая производственная деятельность влечет за собой ухудшение состояния окружающей среды. Очевидно, что подобный взгляд не лишен оснований. Так, существуют и позитивные воздействия работы технических систем, но, как правило, они выпадают из поля зрения специалистов, ищущих пути сохранения и улучшения состояния окружающей среды. Незнание этих эффектов, отсутствие к ним интереса со стороны экологов, в свою очередь, обуславливают и невозможность их использования для практического решения экологических проблем. Такая односторонность методологического подхода связана, прежде всего, с тем, что в предшествующий исторический период воздействие человека на окружающую среду носило локальный характер. В соответствии с этим эффективные меры борьбы с негативными явлениями также могли быть сугубо местными и заключались в запрещении каких-то конкретных действий или технологических решений, вызывающих ухудшение состояния окружающей среды. На современном этапе ситуация принципиально изменилась — антропогенное воздействие приводит к кардинальным изменениям в гидрологическом, гидрохимическом и гидробиологическом режимах целых водных систем [9]. Деградация отдельного водного объекта в большинстве случаев является лишь одним из частных проявлений деградации водного бассейна. Соответствующим должен быть и масштаб природоохранных мероприятий. Поэтому в новом Водном кодексе РФ провозглашен бассейновый принцип охраны водных ресурсов.

Рассматривая данную проблему, необходимо учитывать также и то, что в настоящее время большинство водных систем уже зарегулировано. Почти все крупные водоемы и водотоки, по сути, уже являются не природными объектами, а природно-техногенными системами, состояние которых определяется комплексом как природных, так и техногенных факторов. Следовательно, на современном этапе *экологическая оптимизация ГТС представляет собой ничто иное, как разумное управление уже сложившимися природно-техногенными системами, позволяющее в условиях избыточного и все возрастающего антропогенного прессинга обеспечить их хорошее экологическое состояние*. Кроме того, особое внимание следует обратить на то, что вывод из эксплуатации ГТС в настоящее время, как правило, неминуемо влечет за собой лишь ухудшение экологических условий и социальной обстановки. При этом восстановление исходного состояния водных систем (существовавшего до их зарегулирования) уже принципиально невозможно [10]. Например, после спуска водохра-

нилиц ГЭС осушенная площадь будет представлять собой заболоченное пространство, покрытое мощным слоем загрязненных отложений. Весьма нежелательных явлений следует ожидать и при прекращении эксплуатации водосемов-охладителей ТЭС и АЭС, которые без принудительной циркуляции вод начнут быстро превращаться в сильно загрязненные болотные массивы, ухудшающие санитарно-эпидемиологическую обстановку на окружающей территории. Даже небольшие водотоки в современных условиях при разрушении существовавших на них ГТС (мельничных плотин, малых гидроэлектростанций и др.) не восстанавливаются в первоначальном виде, а деградируют, вплоть до полного исчезновения [11; 12].

В сложившейся ситуации возможен выбор только *двух вариантов экологических программ улучшения (сохранения) экологического состояния водных объектов*. Первый из них, традиционный для современного мышления, заключается в оценке негативных аспектов эксплуатации ГТС и разработке соответствующих ограничительных мер, что на практике либо малоэффективно, либо достигнутый эффект носит временный и сугубо локальный характер.

Второй вариант решения проблемы подразумевает разработку программ экологического менеджмента гидротехнических систем, включающих в качестве одной из основных целей экологическую оптимизацию ГТС. Следует отметить, что крупные предприятия-водопользователи в настоящее время заинтересованы в эффективности подобных мероприятий, поскольку их результаты значимо влияют на их рейтинг и инвестиционную привлекательность [13; 8].

Как свидетельствует анализ имеющихся к настоящему времени материалов, *экологическая оптимизация ГТС может одновременно проводиться в нескольких различных направлениях*, соответствующих основным потенциально позитивным эффектам их эксплуатации:

**1. Регулирование потока загрязнителей.** В настоящее время многочисленные водохранилища, возникшие в результате строительства и эксплуатации ГТС, являются депозитариями, в которых задерживается значительная часть потока загрязнителей, поступающих в гидросферу [2; 14; 15]. Существование ГТС дает возможность контролировать этот процесс, предотвращать распространение поллютантов и позволяет осуществлять очистку локализованных загрязненных вод, например, путем изъятия и переработки донных отложений или создания биомелиоративных барьеров.

Очевидно, что создание сопоставимых по своим масштабам природоохранных систем нереально даже в наиболее экономически развитых странах. Поэтому, если бы ГТС в современном мире отсутствовали, то уровень глобального загрязнения водной среды был бы, несомненно, существенно выше. Значительно худшими были бы и экологические последствия [15]. Например, если бы не существовало такой гидротехнической системы, как Волжско-Камский каскад (ВКК), интенсивность процесса эвтрофирования Каспийского моря повысилась бы более чем в 2 раза. Кроме того, тысячи тонн тяжелых металлов (ТМ), которые в настоящее время аккумулируются в донных отложениях, частично осаждались бы в биологически доступной форме на пойменных участках и включались затем в наземный биохимический цикл микроэлементов с прогрессирующим их накоплением в луговых травах, молоке и мясе скота. Остальная часть стока тяжелых металлов в меженные периоды поступала бы в водные объекты Волжской дельты и ее мелководное приустьевое взморье с концентрацией, превышающей ПДК. Как отмечает один из ведущих специалистов в области гидроэкологии К.К. Эдельштейн (1998, с. 225-226): «При столь низком качестве воды, которое было бы в на-

стоящее время в незарегулированной Волге, трудно представить саму возможность существования в ней осетровых рыб, их захода на нерест, нереста (в особенности проходных осетровых озимой расы, зимующих в реке перед нерестом) и благополучного ската сеголетков в летнюю межень в дельту Волги. Вполне вероятно, что и сама дельта, не будь водохранилищ ВКК, утратила бы к настоящему времени рыбохозяйственное значение — крупнейшего в мире ареала нагула осетровых рыб — вследствие если не токсикоза техногенными ТМ и другими ядовитыми веществами, то прогрессирующего эвтрофирования водных объектов дельтовой области из-за чрезмерной нагрузки волжской экосистемы антропогенными биогенными веществами».

Рассматривая вопросы регулирования потока загрязнителей, следует обратить внимание и на тот факт, что в последние десятилетия количество природных и техногенных катастроф возросло в несколько раз [16]. По прогнозам специалистов, эта тенденция, скорее всего, сохранится и в ближайшем будущем. Независимо от природы катастроф, практически все они сопровождаются поступлением в окружающую среду огромных количеств различных загрязнителей. Их последующее распространение в окружающей среде осуществляется главным образом с водными потоками. Даже загрязнители, выбрасываемые во время катастроф в атмосферу, по большей части достаточно быстро осаждаются на земную поверхность и с поверхностным смывом также поступают в водные объекты. Единственный реальный путь локализации таких потоков — это эффективное использование существующих ГТС, что, собственно, и делается при возникновении многих чрезвычайных ситуаций.

**2. Интенсификация процессов самоочищения.** Некоторые воздействия, обусловленные эксплуатацией различных ГТС (аэрация, турбулентное перемешивание, искусственный подогрев вод), интенсифицируют процессы самоочищения и способствуют значительному улучшению экологического состояния водных объектов, поэтому качество вод, сбрасываемых из водохранилищ ГЭС, часто существенно выше, чем в источниках их подпитки.

Интенсификация процессов самоочищения свойственна и таким «экологически опасным» гидротехническим системам, как водоемы-охладители АЭС и ТЭС. Известны даже случаи, когда эксплуатация таких систем предотвращала полную гибель организмов на участках водных объектов, подверженных интенсивному загрязнению стоками с других производственных объектов [4; 17; 18].

Вместе с тем следует отметить, что эксплуатация ГТС может как повысить, так и снизить интенсивность процессов самоочищения. К числу негативных факторов относятся такие, как замедление водообмена, создание застойных зон и как следствие — ухудшение кислородного режима, что в значительной мере тормозит скорость биохимического распада загрязнителей. Во многих случаях подобные явления в совокупности с эвтрофированием водных объектов порождают мощное вторичное загрязнение водной среды, приводящее к деградации этих водных объектов [12].

Таким образом, данное направление экологической оптимизации ГТС должно заключаться как в разработке мер, направленных на интенсификацию процессов самоочищения, так и в выработке проектных и эксплуатационно-технических решений, позволяющих избежать искусственного замедления этих процессов. В современной России данная проблема особенно актуальна. Развитие многоукладной экономики привело к тому, что совокупный негативный эффект, оказываемый мелкими хозяйствующими субъектами на водные объекты, может быть весьма значителен и достигать уровня, сопоставимого с промышленным загрязнением [19]. Кроме того, ранее построенные

системы отведения поверхностного стока и его очистки постепенно выходят из строя, а многочисленные мелкие хозяйства очисткой вод не занимаются, поскольку не располагают ни достаточными для этого средствами, ни техническими возможностями. Результатом является закономерно возрастающий уровень загрязнения большинства российских водных бассейнов. Этот процесс хорошо иллюстрируется динамикой загрязнения ряда волжских водохранилищ в последние 15 лет. В начале 90-х годов в них отмечалось некоторое снижение уровня загрязнения вод, что объяснялось спадом промышленного производства. Однако в последующий период наблюдается повышение антропогенной нагрузки на экосистемы водохранилищ, что может быть связано с изношенностью основных хозяйственных фондов в промышленном и коммунальном секторах. Реальное решение данной проблемы также лежит в области экологической оптимизации крупных ГТС. Их собственники как водопользователи потенциально заинтересованы в хорошем качестве водной среды и в случае его ухудшения часто несут ощутимый экономический ущерб, поскольку биопомехи, затрудняющие работу гидротехнических систем, как правило, возникают именно вследствие загрязнения водных объектов [20; 21]. Например, загрязнение водоемов-охладителей бытовыми и промышленными стоками с высоким содержанием органических веществ вызывает образование на поверхности теплообменной аппаратуры так называемой «био пленки», состоящей из бактерий и выделяемой ими слизи. При толщине этой пленки всего 0,1 мм теплопередача снижается более чем в 4 раза. Известны случаи, когда сильное зарастание водохранилищ приводило к остановке работы ГЭС [22]. Однако воплотить экономические и экологические интересы в виде конкретных решений можно только на основе разработки программ экологической оптимизации.

**3. Внедрение природоохранного оборудования и технологий**, т.е. использование на практике инженерно-технических решений, способствующих улучшению состояния природной среды или предотвращению нанесения ей вреда. В настоящее время эта деятельность уже осуществляется на многих гидротехнических объектах. Однако прежде чем перейти к рассмотрению основных направлений этой деятельности, необходимо уточнить некоторые термины. Согласно общепринятому определению, «технология» — это «совокупность методов обработки, изготовления, переработки сырья, материалов или полуфабрикатов в сочетании с приборно-аппаратным оформлением, применяемая в процессе производства для получения готовой продукции» [23]. В свою очередь, «ГТС — это любое сооружение, предназначенное для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод» [24]. Следовательно, в качестве природоохранной технологии может рассматриваться любое мероприятие, осуществляемое в ходе эксплуатации ГТС, целью которого является улучшение или сохранение состояния окружающей среды в зоне его влияния (т.е. в зоне проявления значимых экологических воздействий, обусловленных эксплуатацией ГТС). Однако спектр мероприятий природоохранной деятельности, осуществляемой в настоящее время на крупных гидротехнических объектах, еще шире. Некоторые из них не связаны с производственным циклом, их целью является не снижение негативного техногенного воздействия или увеличение позитивного, а непосредственно охрана и защита окружающей среды, а также ее восстановление. Кроме того, ГТС используются для защиты населения и территорий от различных негативных процессов, в том числе чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (наводнений и др.). Таким образом, гидротехнические объекты

выполняют ряд дополнительных функций, которые при анализе возможных путей экологической оптимизации целесообразно выделить в две отдельные категории: «природоохранная функция» и «средозащитная функция» гидротехнических объектов, рассматриваемые ниже. В отличие от этого, собственно «внедрение природоохранного оборудования и технологий», с точки зрения экологической оптимизации ГТС, подразумевает, главным образом, не улучшение качества водной среды и экологического состояния водных объектов, а снижение негативного воздействия (или повышения позитивного), непосредственно обусловленного эксплуатацией ГТС. В качестве основных направлений этой деятельности следует отметить:

- проведение реконструкции и модернизации гидротурбинного оборудования с использованием новых экологически чистых конструкций с целью устранения сбросов загрязнителей в нормальных условиях и при нештатных ситуациях;
- внедрение нового оборудования, снижающего гибель и травмирование рыб и планктона при прохождении воды через гидросооружения и гидроагрегаты;
- модернизация рыбопропускных и рыбозащитных сооружений;
- реконструкция систем водоотведения с целью полного прекращения сбросов в водные объекты неочищенных хозяйственно-бытовых стоков, организация сбора и очистки поверхностного стока с территорий гидротехнических объектов;
- использование потоков, создаваемых работой ГТС, для разбавления сточных вод (например, отвод сточных вод с очистных сооружений в деривационный канал и т.п.);
- реконструкция ГТС, проводимая с целью улучшения гидрологического, гидрохимического и кислородного режимов водных объектов (ликвидация застойных зон, аэрация вод, предотвращение заморов и др.).

Очевидно, что приведенный выше перечень не является исчерпывающим. Он может быть дополнен любыми видами деятельности, связанными со снижением негативных или увеличением позитивных экологических аспектов эксплуатации ГТС, исходя из их специфики.

**4. Повышение эффективности природоохранных мероприятий (природоохранной функции ГТС).** Природоохранная функция ГТС реализуется в форме мероприятий по сохранению (улучшению состояния) природной среды и ее отдельных компонентов, проводимых силами и средствами его собственника (или организации, осуществляющей его эксплуатацию). Очевидно, что четко провести границу между «внедрением природоохранных технологий» и «повышением природоохранной функции» ГТС иногда затруднительно. Главный критерий заключается в том, как – непосредственно или косвенно – связано данное мероприятие с эксплуатацией ГТС.

В настоящее время мероприятия по повышению природоохранной функции ГТС получили в России достаточно широкое распространение [25]. Во многом это связано с необходимостью формирования позитивного экологического имиджа крупных гидротехнических объектов с целью повышения их инвестиционной привлекательности и получения кредитов международных финансовых организаций [8]. В ряде случаев своевременно проведенные природоохранные мероприятия могут существенно снизить финансовые издержки, обусловленные нерациональным природопользованием. Благодаря этому природоохранная деятельность постепенно становится обязательным компонентом систем корпоративного экологического менеджмента крупных гидротехнических объектов [26]. Иными словами, это уже не просто инициатива, а неотъемлемая функция этих

объектов. Следовательно, данная деятельность также должна быть включена в общую схему экологической оптимизации ГТС.

По своим целям природоохранные мероприятия ГТС можно условно разделить на две группы: *восстановительные и санационные*. К первой из них относятся различные виды деятельности по восстановлению компонентов среды и природных ресурсов, нарушенных или утраченных в ходе строительства и эксплуатации ГТС. К ним можно отнести:

- мероприятия по восстановлению биологических ресурсов водных объектов (зарыбление водохранилищ, улучшение кормовой базы рыб, создание специализированных рыбоводных хозяйств с целью восстановления рыбных запасов);
- мероприятия по охране, восстановлению численности и искусственному переселению редких видов наземных животных и растений в восстановленные биотопы в зоне влияния крупных ГТС; мероприятия по восстановлению и сохранению мест размножения (нереста) и нагула животных; создание специальных охраняемых природных территорий, играющих роль «экологического буфера»;
- мероприятия по рекультивации нарушенных участков почвенного покрова, окультуриванию земель, улучшению их плодородия, улучшению условий произрастания растений (мелиоративные мероприятия);
- организация лесопосадок и другие биотехнические мероприятия.

Санационные мероприятия проводятся с целью ликвидации негативных последствий антропогенного воздействия (при этом, как показывает практика, достаточно часто — это последствия, не связанные со строительством и эксплуатацией самих ГТС). К ним относятся:

- мероприятия по борьбе с загрязнением и эвтрофированием водохранилищ, предотвращению их цветения, зарастания и заиления;
- мероприятия по очистке водохранилища от плавающей и затопленной древесины (включая организацию предприятий по экологически чистой технологии переработки и утилизации древесины);
- мероприятия по укреплению берегов и защите их и прибрежных участков от антропогенной эрозии и абразии.

**5. Повышение средозащитной функции ГТС.** Под средозащитной функцией ГТС мы понимаем все аспекты их эксплуатации, прямо или косвенно способствующие снижению риска нанесения ущерба окружающей среде в результате негативного воздействия природных и техногенных явлений и процессов, а также снижения размеров этого ущерба.

В современном мире регулирование стока рек предотвращает как катастрофические наводнения, так и маловодья [3, 15]. Благодаря наличию крупных гидротехнических систем удается не только защитить население огромных территорий, но и предотвратить массовую гибель животных, уничтожение многих биотопов вследствие размыва почв, их затопления, подтопления, отложения на их поверхности наносов. Как засухи, так и наводнения приводят к ухудшению санитарно-эпидемиологической и эпизоотической обстановки. Кроме того, наводнения практически всегда сопровождаются сильным химическим и микробиологическим загрязнением среды в результате размыва промышленных и хозяйственно-бытовых объектов. При попадании в зону затопления радиационно-опасных объектов возникает угроза радиоактивного загрязнения обширных территорий. В период засух возникают трудности с очисткой сточных вод, нарушается функционирование систем водоотведения. Особо следует подчеркнуть, что в период наблюдающихся в настоящее время

значительных гидроклиматических изменений частота и негативные последствия перечисленных явлений существенно возрастают [16]. В соответствии с этим повышается и значение средозащитной функции ГТС.

Основными направлениями повышения средозащитной функции ГТС являются: регулирование водного режима рек и водохранилищ и разработка превентивных мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций и снижению их последствий (снижению размеров возможного экологического ущерба).

*Регулирование водного режима рек и водохранилищ* включает:

- мероприятия по защите природной и социальной среды от наводнений и подтопления. Разработка режима попусков половодий и паводков, минимизирующих сопутствующие негативные воздействия на окружающую среду (снижение площадей затопления и времени затопления до срока, не вызывающего деградацию наземных экосистем, и др.);
- санитарные попуски, обеспечивающие расходы воды в объеме, гарантирующем как бесперебойную работу питьевых водозаборов, так и благоприятные условия для культурно-бытового водопользования населения;
- экологические попуски, т.е. регулярная, периодическая или эпизодическая подача воды из водохранилища в нижний бьеф в объемах, необходимых для поддержания естественного состояния наиболее ценных элементов природной среды. Разновидностью являются так называемые «нерестовые попуски», осуществляемые с целью создания благоприятных условий для нереста ценных пород рыб и «санитарно-экологические попуски в маловодные годы», проводимые для обеспечения нормальной работы систем коммунально-бытового, промышленного, сельскохозяйственного водоснабжения, работы систем орошения, функционирования других хозяйственных и рекреационных объектов;
- разработку режима эксплуатации ГТС, способствующего улучшению качества вод и условий существования водных организмов, например, дополнительные сбросы в зимний период, благодаря которым в нижнем бьефе образуется обширная полынья, препятствующая развитию заморных явлений;
- разработку мероприятий по контролю за сбросом загрязненных вод из водохранилища при ЧС природного и техногенного характера с целью недопущения ухудшения экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации на нижележащих участках речной системы (подразумеваются конкретные действия в период возникновения ЧС);
- предотвращение нежелательных изменений микроклимата в районе нижнего бьефа;
- мероприятия по предотвращению отложения наносов в русле или размыва русла, мероприятия по сокращению выноса твердого стока;
- строительство сооружений, предназначенных для гашения энергии воды, и специальные мероприятия по защите от размывов повышенными расходами воды;
- ограничение скорости сработки уровня водохранилищ с целью недопущения ущерба землям прибрежной зоны в результате оплывания или сползания грунта в водохранилище, а также образования заторов и зажоров в хвостовой части водохранилища при быстрой сработке уровня и затопления прибрежных территорий в зимний период.

*К превентивным мерам по предотвращению чрезвычайных ситуаций и снижению их негативных экологических последствий* можно отнести:

- включение в программы экологического менеджмента гидротехнических объектов и их систем планов по взаимодействию персонала ГТС с регио-



нальными подразделениями МЧС, природоохранными службами, органами Санэпиднадзора;

- осуществление мероприятий по инженерной защите земель в зоне влияния ГЭС (строительство защитных дамб и сооружений, предназначенных для защиты от селей, эрозии, оползней и других неблагоприятных природных процессов);
- контроль за использованием временно затопляемых территорий, недопущение размещения на них экологически опасных веществ и материалов.

**6. Разработка мероприятий, способствующих сохранению, восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов региона.** Известно, что во многих случаях функционирование крупных гидротехнических систем оказывало существенное влияние на состояние природных ресурсов обширных территорий. Поэтому программы экологической оптимизации ГЭС, несомненно, должны включать оценку возможного негативного воздействия ГЭС на природоресурсный потенциал региона их размещения и разработку мероприятий по его минимизации.

Строительство и эксплуатация ГЭС может оказать значимое воздействие практически на все виды природных ресурсов, начиная от полезных ископаемых, до лесных ресурсов [25]. Меры, предпринимаемые для их сохранения, восстановления и рационального использования, уже сейчас весьма многообразны и зависят от характера природного ресурса и региональных условий. Например, при создании гидроузлов с напором более 100 м в сейсмически опасных районах возникают явления так называемой «наведенной сейсмичности»: по контуру водохранилища увеличивается частота землетрясений. Поэтому в последнее время в проектах ГЭС на основании прогноза их воздействия на геологическую среду разрабатываются решения о защите того или иного вида ресурсов полезных ископаемых. Так, в проекте Нижнекамской ГЭС были предусмотрены затраты на инженерную защиту месторождений нефти в Татарстане; в технико-экономическом обосновании Среднесибирской ГЭС — инженерная защита Горевского полиметаллического месторождения. Не менее важную задачу представляет собой рациональное использование земельных ресурсов при эксплуатации ГЭС. Водохранилищами энергетического и комплексного назначения в Российской Федерации к настоящему времени затоплено порядка 4,5 млн. га земли (около 0,3% общего земельного фонда государства). Для сравнения, этот показатель в Канаде составляет 0,6%, а в США — 0,8%. Устойчивой тенденцией отечественной гидроэнергетики является снижение площади затоплений, приходящейся на 1 млн. кВт/ч вырабатываемой на ГЭС электроэнергии. Если в прошедшие годы этот показатель в среднем составлял примерно 11-15 га на миллион киловатт-часов, то по объектам, строящимся в настоящее время или намечаемым в ближайшую перспективу, он не превышает по общим затоплениям 6 га, в том числе: по затоплениям сельхозугодий — 1 га, лесопокрытых площадей — 5 га. Уменьшение воздействия на земельные ресурсы достигается за счет разбивки участка водотока на ступени энергетического использования. Создание ряда средне- или низконапорных гидроузлов вместо одного с высокой подпорной отметкой позволяет сократить площади затопления в несколько раз. Другим направлением уменьшения воздействия водохранилищ ГЭС на земельные ресурсы является инженерная защита земель. Так, на Нижнекамском водохранилище уже осуществлена инженерная защита земель общей площадью 19,9 тыс. га, из которых под сельхозугодья предназначается использовать 16,6 тыс. га. На Чебоксарском водохранилище осуществлена

инженерная защита 10 массивов земель (низин) площадью более 30 тыс. га, в том числе — более 15 тыс. га сельхозугодий.

Однако, рассматривая вопросы природопользования в рамках проблемы экологической оптимизации ГТС, нельзя ограничиваться лишь возможными путями снижения негативных эффектов. Строительство и эксплуатация ГТС могут сопрягаться не только утратой, но и расширением ресурсной базы. Прежде всего это касается водохозяйственного и рыбохозяйственного потенциалов. Благодаря строительству ГТС в современном мире возник большой дополнительный фонд водных ресурсов. В России суммарный объем водохранилищ превышает 400 км<sup>3</sup> [15]. Стационарные водные ресурсы водохранилищ, хотя и называются «мертвым объемом», на самом деле служат местообитанием многочисленных видов организмов, в том числе хозяйственно ценных, а также редких и нуждающихся в особой охране. На фоне сокращения запасов питьевой воды и биологических ресурсов водных объектов (что некоторые исследователи рассматривают как «экологический кризис в сфере водопользования и водопотребления» [27]) организацию водохранилищ в настоящее время также можно рассматривать как позитивное явление. Следовательно, разумное, сбалансированное увеличение водных ресурсов и запасов биологических ресурсов, происходящее вследствие строительства и эксплуатации ГТС, представляет собой одно из важных направлений их экологической оптимизации.

**7. Учет экологических проблем при разработке программ координации режимов эксплуатации ГТС, входящих в единый гидроузел (каскад).** В настоящее время большинство средних и крупных ГТС являются составной частью гидротехнических и/или водохозяйственных систем. Данные системы потенциально управляемы, что дает дополнительные возможности при разработке программ экологической оптимизации, связанных с использованием одних ГТС для решения экологических проблем, возникающих в ходе работы других (например, путем регулирования пусков). Таким образом, с экологической точки зрения, гидротехническим и водохозяйственным системам свойственна эмерджентность, т.е. наличие у системного целого особых свойств, не присущих его подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не объединенных системообразующими связями. Следовательно, координация и интеграция программ экологической оптимизации ГТС на уровне их систем может дать принципиально иные результаты.

Вместе с тем игнорирование принципа эмерджентности при разработке программ экологической оптимизации отдельных ГТС может значительно снизить эффект от многих природоохранных и средозащитных мероприятий. Так, усилия, принимаемые на отдельном ГТС для интенсификации процессов самоочищения, бессмысленны, если в ходе эксплуатации ниже расположенных сооружений, входящих в тот же гидроузел, уровень загрязненности вод вновь может повыситься (например, в результате образования застойных зон и аккумуляции в них сбросов сточных вод).

**8. Улучшение видеоэкологического потенциала и социальной привлекательности территорий.** Благоприятные условия для жизни людей — это не только набор физико-химических условий среды, подходящих для жизни. Весьма важным для человека является эстетическое восприятие среды, в которой он существует — вид из окна его дома; пейзаж по дороге на работу и др. Актуальность этой проблемы породила возникновение целой научной дисциплины — видеоэкологии [28], значение которой в условиях стремительной урбанизации, охватывающей все новые и новые территории, неуклонно возрастает. В современном мире в эксплуатацию ежегодно вводится от 300 до 500 водоемов-водохранилищ. Общее их число превысило 30 тыс., площадь водно-

го зеркала — около 400 тыс. км<sup>2</sup> (с учетом подпруженных озер — 600 тыс. км<sup>2</sup>). Берега большинства из них быстро заселяются. Процессы урбанизации и зарегулирования водных бассейнов взаимосвязаны и взаимообусловлены. Для населения многих индустриальных городов (например, расположенных на берегах Средней и Нижней Волги) основным позитивным видеэкологическим элементом являются водохранилища. От их состояния во многом зависит социальная привлекательность региона в целом.

Следует отметить, что эта функция свойственна не только водохранилищам ГЭС: значительную роль в формировании видеэкологического потенциала урбанизированных территорий могут играть и другие виды природно-техногенных и техногенных водных объектов, в том числе и водоемы-охладители АЭС [6; 12]. При этом они не только являются основным элементом, определяющим эстетическое восприятие пейзажа, но и служат местом массового отдыха. Однако рекреационный и эстетический потенциал этих водоемов во многом определяется режимом эксплуатации ГТС.

Обобщая изложенное выше, **концептуальные принципы экологической оптимизации ГТС можно сформулировать в виде следующих положений:**

1. В настоящее время экологическая оптимизация ГТС является необходимым условием сохранения существующего экологического состояния водных систем и реальным путем его улучшения.
2. Сейчас большинство водных бассейнов уже в той или иной степени зарегулированы и представляют собой не природные, а природно-техногенные системы, состояние которых определяется совокупным воздействием как естественных, так и техногенных факторов. В соответствии с этим целью экологической оптимизации ГТС является не искусственное преобразование окружающей среды, а лишь управление факторами, определяющими это состояние в современных условиях.
3. Анализ позитивных аспектов эксплуатации ГТС и разработка программ экологической оптимизации должны проводиться на всех стадиях их жизненного цикла (при разработке предпроектной и проектной документации, при вводе в эксплуатацию, в период эксплуатации, а также при разработке проектов их реконструкции, консервации, перепрофилировании, вывода из эксплуатации и ликвидации).
4. Необходимым условием устойчивого улучшения экологического состояния крупных водных объектов является координация и интеграция программ экологической оптимизации всех ГТС, являющихся элементами единых гидротехнических и/или водохозяйственных систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов-Данильян В.И., Гориков В.Г., Арский Ю.М., Лосев К.С. Окружающая среда между прошлым и будущим: мир и Россия. — М.: Космоинформ, 1994.
2. Большая Волга: проблемы и перспективы. — М., Ульяновск: Мейкер, 1994.
3. Авакян А.Б., Подольский С.А. К вопросу о влиянии водохранилищ на животных // Водные ресурсы. — 2002. — Т. 29. — №2. — С. 141-151.
4. Безносов В.Н., Горюнова С.В., Кацман Е.А., Кучкина М.А., Суздалева А.Л. Особенности эвтрофирования водоема-охладителя АЭС // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов Российского университета дружбы народов. — Вып. 5. — Ч. 2. — Экологические исследования природно-техногенных систем. — М.: Изд. РУДН, 2004. — С. 176-186.
5. Суздалева А.А., Горюнова С.В. Возможные пути решения экологических проблем малых городских рек // Системная экология. — Вып.5-6. Сб. научн. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». — М.: Изд-во РУДН, 2004. — С. 79-82.

6. Суздалева А.А. Инженерно-экологическое обустройство и пути повышения рекреационного потенциала малых городских водных объектов // Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: МГСУ, 2005.
7. Суздалева А.Л., Безносое В.Н. Экологический менеджмент энергетических объектов на различных стадиях их жизненного цикла // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. – Вып. 12. – М.: Изд. ОАО «НИИЭС», 2003. – С. 358-367.
8. Безносое В.Н., Родионов Б.В., Суздалева А.Л. Формирование экологического имиджа промышленных объектов // Экология производства. – 2007. – №1 (30). – С. 22-26.
9. Седякин В.П. Методологические основы информационного обеспечения мониторинга и водоохраны в бассейне реки. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2003.
10. Авакян А.Б., Литвинов А.С., Ривьер И.К. Опыт 60-летней эксплуатации Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы, 2002. – Т. 29. – № 1. – С. 5-16.
11. Безносое В.Н., Родионов Б.В., Суздалева А.А. Инженерно-экологический мониторинг и реальные пути экологического обустройства малых рек // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. – Вып. 14. – М.: Изд. ОАО «НИИЭС». – 2004. – С.206-220.
12. Горюнова С.В. Закономерности процесса антропогенной деградации водных объектов // Автореф. дис... докт. биол. наук. – М.: МГУ, 2006.
13. Социально-экологическая ответственность и рейтинги российского бизнеса. Справочник. – М.: АНО «НЭРА».
14. Авакян А.Б., Кочарян А.Г., Майрановский Ф.Г. Влияние водохранилищ на трансформацию химического стока рек // Водные ресурсы. – 1994. – Т. 21. – №2. – С. 144-153.
15. Эдельштейн К.К. Водоохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. – М.:ГЕОС, 1998.
16. Осипов В.И. Природные катастрофы в центре внимания ученых // Вестник РАН, 1995. – Т.65. – №6. – С. 483-495.
17. Топачевский А.В., Пидгайко М.Л. Цели и задачи гидробиологического исследования водосемов-охладителей тепловых электростанций // Гидрохимия и гидробиология водосемов-охладителей тепловых электростанций СССР. – Киев: Наукова думка, 1971. – С. 6-10.
18. Кучкина М.А. Особенности процессов эвтрофирования в водоемах-охладителях АЭС // Автореф. дис... канд. биол. наук. – М.: РУДН, 2004.
19. Горюнова С.В., Безносое В.Н. Некоторые особенности экологической ситуации в прибрежной зоне морского курорта. Сб. научных трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». – М.: Изд. РУДН, 2004. – В. 5. – Ч. 2. – С. 123-127.
20. Попов А.В., Суздалева А.Л., Горюнова С.В., Безносое В.Н. Экологические механизмы возникновения биологических помех в системах технического водоснабжения АЭС и ТЭС // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 5. – С. 73-79.
21. Суздалева А.Л., Безносое В.Н., Кучкина М.А. Экологический мониторинг водных объектов и экоаудит водопользователей как основа борьбы с биопомехами в системах техводоснабжения // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. – Вып. 13. – М.: Изд. ОАО «НИИЭС», 2004. – С. 189-206.
22. Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. – Л.: Наука, 1979.
23. Экологический энциклопедический словарь. – М.: Издательский дом «Ноосфера».
24. Снакин В.В., Акимов В.Н. Термины и определения в сфере водных ресурсов. – М.: НИА-Природа, 2004.
25. Троицкий А.В. Обеспечение экологической безопасности ГЭС // «Экология в энергетике – 2006». Сб. докладов III Междунар. научно-практ. конф. – М.: ОАО ВТИ, 2006. – С. 24-27.
26. Экологическая политика РАО «ЕЭС России» и концепция ее реализации. – М.: РАО «ЕЭС России», 2006.

27. Семин В.А. Концептуальные основы контроля и управления экологического состояния водных объектов. // Автореф. дисс... докт. биол. наук. – М.: МГУ, 2003.
28. Филин В.А. Видеозэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. – М.: МЦ «Видеозэкология», 1997.

## ECOLOGICAL OPTIMIZATION OF HYDROENGINEERING FACILITIES: MAIN DIRECTIONS AND CONCEPTUAL PRINCIPLES

V.N. Beznosov<sup>1</sup>, S.V. Goryunova<sup>2</sup>, M.A. Kuchkina<sup>3</sup>, A.V. Popov<sup>4</sup>,  
V.P. Sedyakin<sup>5</sup>, A.A. Suzdaleva<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Biological Faculty, Moscow State University,  
Vorobjevi Gori, 119899, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Ecological Faculty, Russian Peoples' Friendship University,  
Podolskoye shosse. 8/5, 113093, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Moscow State Construction University,  
Yaroslavskoe shosse, 26, 129337, Moscow, Russia*

<sup>4</sup>*FGYP concern «Rosenergoatom» branch «Kursk atom station»,  
Promzona, 307250, Kurskaya obl., Kurchatov, Russia*

<sup>5</sup>*Institute of global climate and ecology of Roshydromet and Russian Academy of Science,  
Glebovskaya str., 20 b, 107258, Moscow, Russia*

<sup>6</sup>*Laboratory of ecological research ООО "Alfamed 2000",  
Bolshaya Ordinka street, 7, 113036, Moscow, Russia*

The article presents main conceptual principles of hydroengineering facilities' ecological optimization, which is a necessary condition for preserving water systems' existing ecological condition and a real way for its improvement. Ecological optimization should take place on all stages of hydroengineering facilities' lifecycle. Coordination and integration of ecological optimization programs of all hydroengineering facilities which are elements of united hydroengineering and/or hydroeconomic systems are needed for the steady improvement of big water objects' ecological condition.

---