

На правах рукописи

Кононова Мария Юрьевна

Методология геоэкологического анализа ГЭС и их каскадов

Специальность

05.14.08 - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Санкт-Петербург

2002

Работа выполнена на кафедре возобновляющихся источников энергии и гидроэнергетики в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете

Научный консультант: академик РАН, доктор технических наук,
профессор Васильев Юрий Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор

Виссарионов Владимир Иванович

член-корреспондент РАН, доктор географических наук, профессор

Румянцев Владислав Александрович

доктор технических наук, профессор Арсеньев Герман Семёнович

Ведущая организация – ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

Защита состоится « 10 » сентября _____ 2002 г. в __ 16 ____ час.

на заседании диссертационного совета Д 212.229.17

в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете

по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, Гидрокорпус-2,
ауд. 411

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке

Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Автореферат разослан « 27 » _____ июня _____ 2002 г.

Учёный секретарь

диссертационного совета

Орлов В.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Современное состояние природы Российской Федерации и водной среды, в частности, имеет различную степень нарушенности, что вызвано жизнедеятельностью человека и состоянием экономики страны в 80-х - 90-х годах XX века. Водосборные территории характеризуются неодинаковым уровнем развития инфраструктур (сельское хозяйство, промышленность, энергетика и т.д.). Таким образом, появляются характерные соотношения и количества средообразующих компонентов, а затем индивидуальные сочетания экстенсивно и интенсивно деградирующих или развивающихся территорий. Для восстановления и/или сохранения экологического равновесия и видового разнообразия водных объектов названных территорий требуются не только вложения средств, различные материалы и затраты энергии, но и комплексный геоэкологический анализ территорий. Определению имеющихся возможностей природно-технических систем (ПТС) может послужить геоэкологический анализ водно-энергетических режимов (ВЭР) ГЭС и их каскадов на локальном и региональном уровнях, являющийся частью комплекса организационных мероприятий и инженерно-технических мер защиты водных объектов водосборных территорий. Начиная с конца 70-х годов прошлого века, ученые нашей страны обратились к проблемам в области охраны окружающей среды в зоне влияния объектов гидроэнергетики и гидротехники. Экологические аспекты гидроэнергетики получили свое развитие в работах ведущих научно-исследовательских и проектных институтов (ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, Гидропроект и его филиалы, ВНИИВОДГЕО и др.), которые активно сотрудничают с СПбГПУ, МЭИ, РГГМУ и т.д. Результатами этих работ стали многочисленные рекомендации и методические указания, в том числе связанные с работой автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и их использование для ведения экологического мониторинга и локального территориально-бассейнового мониторинга (ЛТБМ).

Большое внимание вопросам охраны окружающей среды уделяют зарубежные ученые (Германия, Швейцария, Швеция, Норвегия, Япония), где объекты гидроэнергетики находятся под пристальным вниманием не только общественности, но и

всех органов правительственной власти. Развитие гидроэнергетики как наиболее экологически чистой и природоадаптируемой получает постоянную поддержку. Это происходит благодаря непрерывной научно-исследовательской работе ведущих университетов и энергетических фирм. За последнее десятилетие и особенно, начиная с 1998 года, когда стало осуществляться декларирование безопасности объектов гидроэнергетики РАО «ЕЭС России», стало уделяться особое внимание недоэксплуатированному гидропотенциалу Российской Федерации и экономическим механизмам стимулирования его использования. Благодаря данной тенденции отечественная энергетика может стать более стабильной и экологически безопасной. Экологическое законодательство Российской Федерации включает к 2001 году более 550 действующих документов, в том числе 45 законов, 5 кодексов, 140 постановлений Правительства, 13 указов Президента и несколько сотен ведомственных нормативных актов. Комиссией Межпарламентской Ассамблеи был принят закон «Об участии общественности в принятии решений по вопросам градостроительного развития и качества городской среды» (2000), что явилось прямым продолжением и развитием Указов президента Российской Федерации «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» (1994) и «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» (1996). Все это подтверждает внимание государства к состоянию окружающей природной среды (ОПС) при переходе к рыночной экономике. В названных документах были отражены и выделены особо приоритеты природоохранной деятельности для сохранения и поддержания стабильности, равновесия геосфер и экологической безопасности.

Актуальность проблемы В настоящее время по решениям Правительства РФ проводится изменение инвестиционной политики РАО «ЕЭС России» в сторону стимулирования развития и совершенствования управления гидроэнергетикой, в связи с этим актуальной проблемой является проведение геоэкологического анализа ГЭС и их каскадов. Под геоэкологическим анализом понимается совокупность дискретных оценок эксплуатационных режимов ГЭС и их каскадов, определение диапа-

зонов устойчивости к антропогенному развитию территории, выбор стратегии управления ПТС. К числу первоочередных вопросов отнесены:

- определение зоны ответственности ГЭС в ПТС;
- уточнение методики оценки качества ОПС в зоне ГЭС с использованием географических информационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли;
- разработка алгоритмов функционирования ЛТБМ с интеграцией её в АСУ ТП ГЭС;
- адаптация методик экологического менеджмента и внутреннего экологического аудита применительно к каскадам ГЭС;
- разработка критериев эколого-экономической эффективности эксплуатации ГЭС и взаимоотношений водопользователей на основе комплексной оценки ассимилирующей способности природной среды;
- разработка визуализации природопользования и охраны ОПС в 3-х dimensionalных (3Д) моделях эксплуатации ГЭС и их каскадов.

Цель и задачи работы Обобщить и проанализировать имеющийся опыт по эксплуатации ГЭС и их каскадов, в т.ч. публикации о результатах научных исследований по взаимодействию эксплуатируемых ГЭС и природно-технических сред на мониторинговом участке (МУ). На основе анализа дать предложения по совершенствованию методов оценки влияния ГЭС на ресурсоёмкости (землеёмкость, воздухо- и водоёмкость, энергоёмкость) МУ. Разработать методологию экологического мониторинга, менеджмента и аудита в интегральной процедуре учёта и создание 3Д параметризации и интерпретации природно-технических сред в условиях эксплуатации ГЭС или каскадов ГЭС. Усовершенствовать визуализацию МУ ГЭС для обеспечения стабильной, надёжной, безопасной эксплуатации и снижения рисков чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Разработать терминологию для выработки методологических основ геоэкологического анализа ГЭС. Для достижения указанной цели была выбрана следующая последовательность решения задач:

- Интегральная оценка воздействия ГЭС на ОПС при эксплуатации.
- Организация и проведение натурного ЛТБМ разного такта и срочности на объектах Северо-Запада РФ и Земли Баден-Вюртемберг, Германия.
- Оценка качества воды в бьефах с применением математических моделей динамических процессов, отвечающих структуре ЛТБМ.
- Формулировка основных приемов проведения процедур экологического мониторинга, менеджмента и аудита с целью снижения затрат времени и финансирования и повышения результативности.
- Сравнение различных программных продуктов с целью использования для визуализации МУ и выбор рационального.
- Совершенствование методологии визуализации ЛТБМ ГЭС с использованием различных инструментальных средств и программного обеспечения, а так же подходов для создания моделей МУ ГЭС на базе средств ГИС с использованием ДДЗ.
- Проведение геоэкологического экспресс-анализа по снижению рисков ЧС природного характера через оперативное моделирование пропуска паводковых вод или срезки паводка путем распределенного аккумуляирования.

Научная новизна В диссертации разработаны и обоснованы методы использования совокупности процедур для инженерно-технических решений в гидроэнергетике с учетом геосферных факторов, которые подтверждены результатами натуральных или математических исследований. При этом:

- даётся методология оценки экологических эффектов природоохранной деятельности ГЭС;
- разработана методология визуализации зоны ответственности ГЭС и их каскадов;
- разработана математическая модель интерпретации мониторинговой информации по основным режимным параметрам ГЭС для сверхкраткосрочных прогнозов;
- предложена концепция компьютерного информационного фонда (ИФ) экологического учёта объектов гидроэнергетики.

Таким образом, предложено новое направление научных исследований – геоэкологический анализ мониторинговых участков ГЭС и/или каскадов ГЭС.

Практическая значимость работы Основные результаты, теоретические положения и отдельные выводы, полученные автором, используются в РАО «ЕЭС России», Минтопэнерго, МПР, Минсельхоз РФ и инициативных НИР, по проекту партнерства в Университете Штутгарта, Германия, в том числе: ТЭО проекта Карельской ГАЭС (1989-1991 гг.), рабочего проекта Гоцатлинской ГЭС (Зирани ГЭС 1) (1991); «Изучении взаимодействия гидроэнергетических объектов (на примере каскада ГЭС, на горных реках Дагестана) с окружающей средой и разработка эффективных мероприятий по охране природы» (1991 г.), «Разработка системы мониторинга водохранилищ ГЭС Вахшского каскада» (1991 г.), «Разработка информационно-экспертной системы комплексного мониторинга Кемского каскада ГЭС» (1993 г.) и «Защита территории д. Юшкозеро от подтоплений в условиях строительства каскада Чирко-Кемских ГЭС» (1996, 1997, 1998 гг.), «Учет аспектов окружающей среды при проектировании (планировании), строительстве и эксплуатации ГЭО (Россия-Германия)» (1994-2001 гг.), «Исследование качества воды р. Кохер, г. Орнберг, Германия» (1995-96 гг.), «Экологически обоснованное управление объединением ГЭС на примере Каскада Кемских и Чирко-Кемских ГЭС, Карелия» (1998 г.), «Визуализация мониторинговых участков для целей природоохраны и стратегического управления» (2000-2001 гг.).

Использование разработанных в диссертации методологий, учитывающих требования экологической безопасности, социально-экономической стабильности и обоснованности развития территорий с ГЭО, позволит специалистам мотивированно использовать энергетические установки на возобновляющихся источниках энергии и участвовать в устойчивом развитии территорий при сниженных геоэкологических рисках и ущербах.

Результаты исследований используются в учебном процессе при выполнении курсовых работ, дипломного проектирования, магистерских диссертаций студентами и слушателями СПбГПУ, МИПК при СПбГПУ, Северо-западного Регионального Центра МЧС, Университета Штутгарта. Они вошли в методические указания «Природно-технический мониторинг энерговодохозяйственных комплексов. Система об-

работки информации», «Оценка и прогноз качества воды в бьефах ГЭС (ГАЭС)», «Визуализация мониторинговых участков для целей природоохраны и стратегического управления», лабораторный практикум «Оценка и прогноз качества воды в бьефах ГЭС (ГАЭС)» для студентов высших учебных заведений инженерно-строительных специальностей.

Личный вклад автора в решение проблемы Диссертация является результатом многолетних исследований автора, которые проводились ею в СПбГПУ, в Университете Карлсруэ и Университете Штутгарта (Германия). Приведенные в диссертационной работе результаты исследований были получены автором при разработке и решении задач по отдельным темам, заданиям и проблемам, в которых автор принимала участие в качестве соисполнителя, ответственного исполнителя и научного руководителя.

Апробация работы Основные результаты исследований, выполненных автором в рамках настоящей диссертационной работы, обсуждались и были одобрены на семинарах кафедры ВИЭГ СПбГПУ, в Техническом Университете Карлсруэ и Штутгарта (Германия), на Всес. науч.-техн. совещ. "Проблемы создания и эксплуатации энергетических установок, использующих возобновляющиеся источники энергии" (Владимир, 1991); на Всес. науч.-техн. совещ. "Будущее гидроэнергетики. Основные направления создания гидроэлектростанций нового поколения" (Дивногорск, Красноярская ГЭС, 1991); на Всесиб. конф. "Математ. проблемы экологии" (Новосибирск, 1992, 1994, 1996); на шк.-сем. во ВВЦ "Развитие системы информационного обеспечения природоохранных органов России" (Москва, 1992); на Всерос. науч.-практ. конф. "Управление водным хозяйством России" (Екатеринбург, 1992), на Междунар. науч.-техн. конф. "Информационные технологии в моделировании и управлении" (СПб, 1996, 2000 г.), на Междунар. науч.-техн. форуме "Молодежный экологический форум стран Балтийского региона - Экобалтика XXI век"(1996 г.), на Междунар. науч.-техн. конф. "Современные проблемы гидроэнергетики" (Ташкент, 1997 г.), of the NATO Advanced Research Workshop (ARW), "Stochastic Models of Hydrological Processes and their Applications to Problems of Environ-

mental Preservation" (Москва, 1998 г.), на науч.-техн. конф. "Фундаментальные исследования в технических университетах" (СПб, 1997, 1998, 2000 гг.), на междунар. конф. «Акваторра» (СПб, 1999-2001 гг.), of the Specialist Workshop "Environmental Protection in the Baltic Sea Region" (Stockholm, 1999), на междунар. науч.-прак. конф. «Технология энергосбережения, строительство и эксплуатация инженерных систем» (СПб, 2000), на Междунар. экол. конгрессе «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности» (СПб, 2000 г.), на междунар. науч.-практ. конф. «Энергоэффективные и энергосберегающие техника и технологии-2000 (ЭЭТТ-2000)» (СПб, 2000 г.), на Междунар. конф. «Северное измерение» в экологии: промышленное и технологическое сотрудничество в регионе Балтийского моря» (СПб, 2000 г.), of the Specialist Workshop on "Environmental Protection, Sustainability and Information - Regional Approaches in the Baltic Sea Region" (СПб, 2001 г.), на Восьмой междунар. специализированной выставке «Энергетика и электротехника» (СПб, 2001 г.) и т.д.

Публикации. Список научных трудов автора по теме диссертации содержит свыше 70 наименований.

Объём работы Диссертационная работа состоит из предисловия, введения, шести глав, заключения, списка литературы из 589 наименований, приложений. Работа изложена на 290 страницах, 40 рисунков и 30 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 раскрывает критериальные основы геоэкологической оценки ГЭС, базирующейся на многолетнем опыте проведения многосторонних оценок создания объектов гидроэнергетики на стадии проектирования, строительства и последующей многолетней эксплуатации. Становление комплексной науки о Земле – геоэкологии – требует соответствующей понятийной терминологической базы, которую коротко дает автор и дополняет введением основных понятий для проведения геоэкологического анализа и частных процедур экологического учёта природно-технической среды МУ ГЭС.

Автор делает обзор отечественной и зарубежной литературы для анализа современных обоснований эксплуатации ГЭС и использования новейших технологий информационно-управляющего обеспечения в вопросах природопользования, охраны ОПС, обеспечения безопасности ГЭС и экономических механизмов стимулирования устойчивого развития ПТС.

В своей работе автор использовала данные и материалы: ОАО Ленгидропроект, ВНИИ ВОДГЕО, ВНИИЭ, ГГИ, ИВП РАН, ГУП НИИКАМ, ВСЕГЕИ, АО-Ленэнерго, АО-Карелэнерго, РосНИИВХ, ФГУП СевНИИГиМ, высших учебных заведений: МГУ, МЭИ, РГГМУ, СПбГПУ, СПбГУ. Большой вклад в вопросы обоснования эксплуатации ГЭС и комплексного использования водных ресурсов внесли и вносят ученые: Авакян А.Ю., Александровский А.Ю., Арефьев Н.В., Арсеньев Г.С., Асарин А.Е., Айвазьян В.Г., Беляев Л.С., Васильев Ю.С., Виссарионов В.И., Долгов П.П., Дьяков В.В., Елистратов В.В., Ивашинцов Д.А., Карелин В.Я., Макаров А.А., Малинин Н.К., Мелентьев Л.А., Михайлов Л.П., Лисочкина Т.В., Малик Л.К., Михайлов М.А., Окороков В.Р., Осипов Г.К., Пряжинская В.Г., Румянцев В.А., Румянцев И.С., Тананаев А.В., Федоров М.П., Филиппова Т.А., Хубларян М.Г., Цветков Е.В., Шарыгин В.С., Шульман С.Г., Вестрих Б., Гиезеке Ю., Маниак У., Мошони Э., Фишер Д. и многие другие.

Современная оценка ГЭС и их каскадов в составе ПТС в первую очередь осуществляется с целью лицензиата деятельности электростанций. Для получения лицензии требуется: декларация безопасности, соответствующая нормам Федерального Закона РФ «О безопасности ГТС»; Правила эксплуатации ГТС; Правила использования водных ресурсов водохранилищ; Правила технической эксплуатации ГЭС и диспетчерские правила выбора режимов работы. Все названные документы согласовываются и утверждаются после прохождения экологической экспертизы объекта.

Уже на стадии изысканий и проектирования проводится оценка ресурсопотенциала территории, гидроэнергетического потенциала, качества среды обитания и условий локального и регионального развития. Тогда же фиксируются все особенности природно-климатического и геоэкологического формирования, залегания, распростра-

нения поверхностных и подземных водных ресурсов. На стадии проекта и в дальнейшем при строительстве ведутся наблюдения за основными и важнейшими показателями состояния и качества геосред (качественно-количественные величины характеристик, диапазоны изменений и корреляции взаимодействия, особенности сезонного колебания и флуктуаций и т.д.).

Экологическая оценка в основном представляет собой сезонные измерения нескольких нормативных показателей с использованием геофизических и гидрохимических методов по-прежнему без координации мониторинга с режимами работы антропогенных объектов. Учёт режимов работы техногенных объектов должен проводиться параллельно с величинами актуальных и потенциальных ущербов, наносимых ОПС и развивающейся природно-технической среде, стоимостного выражения данных ущербов и компенсационных затрат, удельных характеристик по земле-, водо- и воздухопользованию, энергоёмкости объекта, варьируемой ассимилирующей способности МУ. Наиболее полно представляется оценка ГЭС на стадии проекта и его согласования в Разделе Оценки воздействия на окружающую природную среду (начиная с 1994 г.). В дальнейшем при эксплуатации прогнозы и особенности названного влияния учитывают как сложившееся (детерминированные). В названной оценке до последнего времени в большинстве случаев наибольшее внимание уделялось экологическим (биотическим) факторам, которые являются индикаторами состояния и качества геосред и водной среды, в частности. Абиотические факторы, однако, с точки зрения их влияния на режимы работы и эксплуатации гидроузлов с ГЭС являются первичными показателями стабильности взаимодействия и бесконфликтности в природно-технической геосистеме. Условия, инициирующие пограничные состояния, аварии, разрушения и представляющие собой экологическую опасность, проявляются в результате взаимодействия абиотических факторов геосистемы и носят природный, техногенный и природно-техногенный характер. Их обуславливают такие физические, химические, механические и смешанные факторы и/или их комплексы, которые составляют группу экологически опасных факторов, имеют природное и искусственное происхождение (в отдельных случаях мутаген-

ное). В работе автор предлагает учитывать существующую связь между явлениями солнечной активности и водностью рек, чему уделяется внимание при проведении геоэкологического анализа ГЭС при эксплуатации, реконструкции и модернизации (изучению вопроса, причин и механизма взаимосвязи гелио- и геофизических и климатических явлений). При этом учитывается, что возбуждаемые солнечной активностью, космическим излучением, внутриземными физико-тектоническими процессами, перемещениями подземных вод и другими причинами интенсивные вариации внешнего и аномального геомагнитных полей являются результатом развития глубинных разломов, трещиноватости в целом. Создание и совершенствование ПТС неразрывно связано с процессами, происходящими в Земной коре (литосфере, биосфере).

Все абиотические факторы изучаются комплексной наукой о Земле – геоэкологией, как интердисциплинарной фундаментальной наукой. При использовании результатов фундаментальных исследований (геофизики, геохимии, гидрогеологии, гидрологии суши и т.д.) появляется реальная возможность корректной оценки антропогенного развития Земли и прогноза дальнейшего взаимодействия природно-технических сред, их устойчивости, гомеостатичности, уязвимости, ограниченности или ренатуризации пригодности и т.д.

Таким образом, геоэкологическая оценка ГЭС при эксплуатации является составной частью геоэкологического анализа техногенного развития на локальном и антропогенного развития на региональном уровнях. Учитывая предыдущий опыт и наличие основных фондов ГЭС для решения задач обеспечения экологической безопасности и природоохранной деятельности, схематическое представление постановки задачи геоэкологического анализа ГЭС с учётом предшествующего опыта эксплуатации представлено на рис. 1. Нарушенность территорий на современном этапе, обусловленная появлением объектов гидроэнергетики с изменением гидрологического и гидравлического режимов, качества, состава и свойств водной среды, геоморфологии русла, поймы и долины реки в целом, показателей озёрности, заболоченности и лесистости территории, следует рассматривать в комплексном контексте

развития антропогенеза с общим водопотреблением и водопользованием вне зависимости от гидроэнергетического использования водного объекта.



Рис. 1. Схематическое представление постановки задачи с использованием предшествующих результатов эксплуатации ГЭС

Геозэкологический анализ ГЭС и их каскадов как новое направление научных исследований в первую очередь позволяет дать на основании экологического учёта ГЭС текущую оценку влияния нормальных ВЭР ГЭС и их каскадов с учётом сезонных особенностей эксплуатации, учесть амортизационные возможности объекта за рассматриваемый период, оценить динамику изменения основных характеристик водохранилища, качества воды, устойчивости сооружений и фундаментов, инженерно-технических конструкций (в т.ч. и к антропогенному воздействию), исполнения регламентов по водопользованию и водопотреблению, экологическому нормированию уровней и попусков, выявить нарушения водопользования и водопотребления, несанкционированного расходования электроэнергии и/или незафиксированного отпуска с шин.

Структура геозэкологической оценки ГЭС при эксплуатации как совокупность дискретных оценок представлена на рис. 2, разделена на три блока. Работа по каж-

дому блоку может проводиться самостоятельно с общей координацией и/или по мере накопления объективных свидетельств деятельности.



Рис.2. Структура геозологической оценки ГЭС при эксплуатации

Анализ факторов среды обитания в ПТС локального и регионального уровня сводится к фиксированию и анализу факторов в их дискретном виде и комплексном взаимодействии в зависимости от состояния системы (устойчивое, пограничное, пороговое, стрессовое) и режимов эксплуатации (нормальные, экстремальные, аварийные, форсмажорные). На локальном уровне рассмотрения в границах МУ ГЭС количество факторов значительно меньше, что обусловлено исключительно требованиями экологической безопасности водотока, прибрежной территории, части акватории водохранилища в границах ответственности гидроузла.

При региональном уровне рассмотрения природно-технической геосистемы учитывается взаимодействие ряда объектов техногенеза, в т.ч. гидроузел с ГЭС, оказывающих комплексное влияние через частные и интегральные нагрузки на биосферу. Частные нагрузки при их взаимодействии оказывают сложное мультидеминсиональное влияние с кумулятивным эффектом и отяжеляющими последствиями (на-

пример, выбросы в атмосферу – кислотные дожди и парниковый эффект, гибель основных лесов, закисление почв и вод, в т.ч. повышение кислотности подземных вод и вод водохранилищ при постоянном поверхностном стоке с водосбора).

Критерии оценки локального состояния ПТС связаны с наличием главной функции у ГЭС – выдачи требуемого объёма электроэнергии потребителям и максимальной обеспеченностью этой функции водным ресурсом, с одной стороны, и наличием ограничений природоохранных органов на водопользование по экологическим требованиям; экономических и технических ограничений, выраженных в сокращении необоснованных ресурсозатрат и ресурсоёмкости, повышенной себестоимости, отсутствии экологического учёта и его стратегического планирования, с другой стороны.

Детерминированность и стохастичность критериев и индикаторов при геоэкологическом анализе ГЭС относительно с позиций выбора их отдельными водопользователями, водопотребителями, администрацией, общественностью. В зависимости от конкретных задач и запросов они могут варьироваться в принимаемых доверительных диапазонах, но сохраняются неизменными по отношению к оценке водно-ресурсного и гидроэнергopotенциала территории, общей ресурсоёмкости и ресурсопотенциалу на локальном и региональном уровне. Относительно же статической оценки влияния эксплуатации ГЭС на ОПС и природной геосреды на гидроузел в целом и режимы его работы на стадии утверждения проекта следует вносить коррективы и учитывать как суточную стохастичность, так и сезонную стохастичность взаимодействия природно-технических сред.

В главе 2 изложены теоретические основы геоэкологического анализа ГЭС. Проанализированы и обобщены используемые методы (физические, математические, статистические, экономические), позволяющие на базе абсолютных и относительных характеристик сравнивать и оценивать эксплуатацию и режимы работы ГЭС. Автор особенно выделяет балансовые методы, методы математической статистики, геофизические методы (дистанционные), сравнительные методы (картографические). Рассмотрены основные механизмы: административный, рыночный (экономический), этический и общественный. Учитывая роль и место электроэнергетической отрасли

в жизни общества в целом, наибольшее внимание уделено административным и экономическим механизмам, определяющим организацию и проведение геоэкологического анализа на уровне АО-энерго, дирекции каскада ГЭС и ГЭС, в частности.

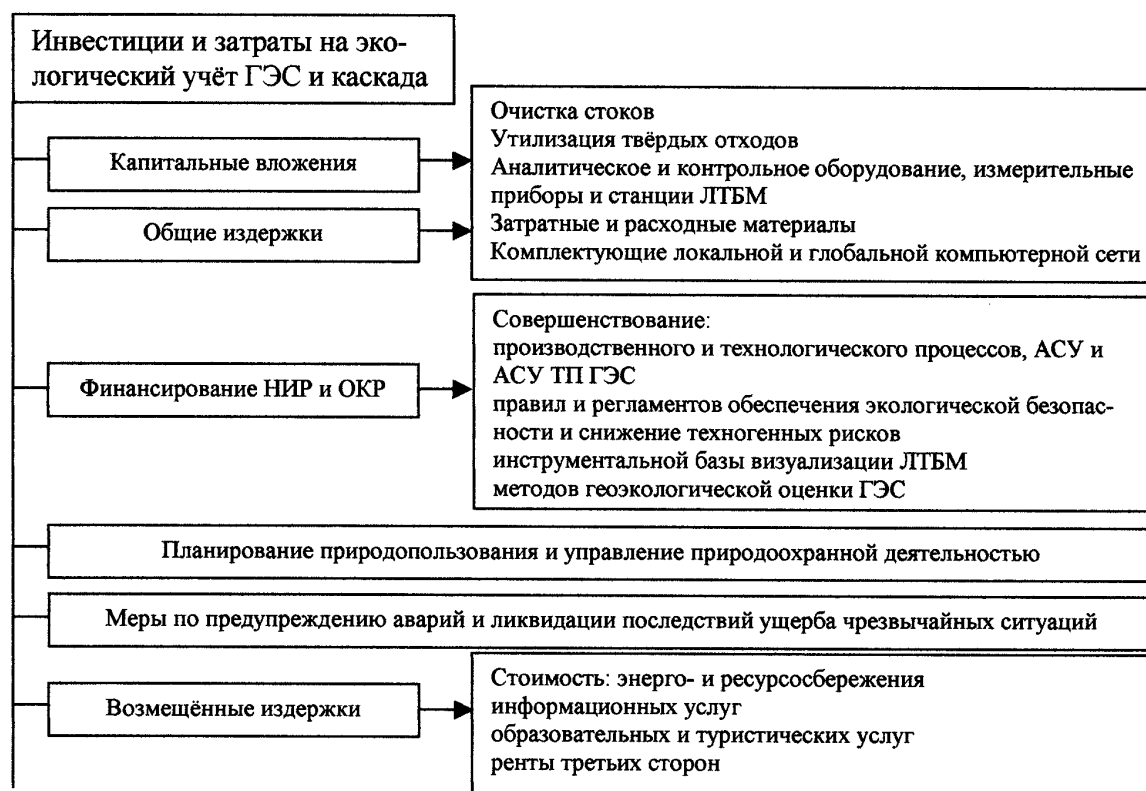


Рис. 3. Структура инвестиций и затрат на экологический учёт ГЭС и их каскадов

Из рис. 3 видна структура инвестиций и затрат на экологический учёт ГЭС и их каскадов, ориентированная на интегрированное взаимодействие и экстрагирование обусловленных природопользованием и защитой окружающей природно-технической среды процедур мониторинга, менеджмента и аудита в процедуру экологического учёта.

Постановка задачи экономического обоснования геоэкологического анализа ГЭС требует предварительного рассмотрения базовой для гидроузла системы критериев и ограничений с экономическим стимулированием природоохранной деятельности (экологического учёта). Таким образом, выделяем из:

Системы критериев

1. Максимум выработки электроэнергии ГЭС или каскада ГЭС

$$\mathcal{E}_n = \sum_i^{\delta} \sum_{\tau=1}^{T_n} N_{\tau i} \cdot \Delta t_i^{\tau} = \sum \sum 9,81 \eta_{\tau i} H_{\tau i} V_{\tau i} \rightarrow MAX, \quad (1)$$

где $N_{\tau i}, \eta_{\tau i}, H_{\tau i}, V_{\tau i}$ - мощность, к.п.д., напор, объём пропущенной воды агрегатов i -ой ГЭС за дискретный момент времени Δt_i^{τ} , T_n – время работы агрегатов, δ – число ГЭС и/или ГЭС каскада.

2. Максимум комплексной балансовой стоимости ГЭС или каскада ГЭС с учётом ассимиляционной способности природно-технической среды

$$\sum_{i=1}^n B_i^{ПТС} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Z_{ij} + P_{ij}) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_{ij}^{ymp} \rightarrow MAX > 0, \quad (2)$$

где $\sum_{i=1}^n B_i^{ПТС}$ - суммарная стоимость ассимиляционной способности природной

среды в естественных условиях; $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Z_{ij} + P_{ij})$ - суммарные затраты и плата за по-

требление ресурсов по i -ой составляющей среды для j -ой составляющей природно-

технической системы; $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_{ij}^{ymp}$ - суммарные затраты на экологический учёт для

сохранения i -ой составляющей среды для j -ой составляющей природно-технической системы. При приближении комплексной балансовой стоимости ассимиляционной способности природно-технической среды к нулю или получение её отрицательной характеристики свидетельствует о деградации ассимиляционной способности и/или о нерентабельных, неоправданных затратах, в том числе и необоснованно завышенных платежах не обеспеченных природоохранными эффектами.

Ограничения

1. Поддержание температуры воды (гидротермические режимы в бьефах) в границах мониторингового участка в рамках многолетней толерантности

$$|T_{\tau j} - T_j^*| \rightarrow MIN. \quad (3)$$

Температура воды отвечает значениям данного сезона и соответствующему этому сезону диапазону температур (T_j^*). Стремление к минимуму разности температур

обеспечивает качественную и количественную корреляцию колебаний температур и вариабельность их в сезонном и ежегодном разрезе.

2. Поддержание показателей контролируемых важных веществ и/или их комплексов в фиксированной 1-ой зоне водной системы в пределах надёжного устойчивого диапазона

$$|C_{l\tau} - C_{\tau}^*| \rightarrow MIN \quad . \quad (4)$$

Данное ограничение дает возможность вести сравнение среднегодовых естественных значений характеристик в отсутствии антропогенного влияния (C_{τ}^*) и при его наличии в условиях развития территории ($C_{l\tau}$).

3. Обязательные объёмы воды неэнергетических водопользователей и водопотребителей

$$|V_{\tau m} - V_{\tau m}^*| \rightarrow MIN \quad . \quad (5)$$

Обновление Правил использования водных ресурсов водохранилища, развитие сети водопотребителей и водопользователей, совершенствование техники и технологических процессов, учёт санитарно-гигиенического (санитарно-эпидемиологического) состояния и природно-климатических процессов обеспечивается по заранее согласованным и регламентированным запросам ($V_{\tau m}$), что гарантирует комплексное использование водных ресурсов без потери энерго-экологической и геоэкологической устойчивости территории ($V_{\tau m}^*$ - ежегодный обеспеченный полезный объём).

Показатели экономического стимулирования природоохранной деятельности

1. Экономическая оценка наносимых природной среде комплексного ущерба в результате развития гидроэнергетики

$$Y_{ЭГЭ} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \Delta y_{ij}) \rightarrow MIN, \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \Delta y_{ij})$ - сумма ежегодных ущербов наносимых i -ой составляющей природно-технической среды от j -ой составляющей природно-технической системы за вычетом приращения ежегодного ущерба в результате природоохранных мероприя-

тий (экологического учёта). При этом как ежегодные ущербы средам, так и меры по их нейтрализации (локализации и т.д.) могут быть постоянными, варьируемыми, периодическими.

2. Залоговая цена

$$ЗЦ = f(\alpha, \beta, \gamma, \sigma) \rightarrow optim. \quad (7)$$

Залоговая цена является функцией платы за 1 т сброса/выброса загрязняющего водный объект вещества техногенного происхождения (α); дополнительной платы, учитывающей класс вредности и опасности загрязняющего природу вещества, включая атмосферные осадки с загрязняющими веществами техногенного происхождения (β); платы, учитывающей первичный статус природного объекта (γ); платы, учитывающей оздоровительную способность среды, её использование для активного отдыха и познавательную эталонную функцию (δ).

3. Залоговый процент

$$ЗП = f(K; T) \rightarrow MIN. \quad (8)$$

Залоговый процент – плата за пользование кредитом для оплаты залоговой цены природно-технического объекта. Зависит от условий получения кредита (K) и времени его возврата без нанесённых природной среде ущербов (T).

4. Страховые платежи

$$СП = \sum_{i=1}^n \sum_{\tau=1}^{T_n} (C_{y\tau i} \cdot p) \rightarrow optim, \quad (9)$$

где $\sum_{i=1}^n \sum_{\tau=1}^{T_n} (C_{y\tau i} \cdot p)$ - сумма стоимостей работ по возмещению ущерба в фиксированный момент времени τ по i -ому страховому случаю для ГЭС и их каскадов, умноженная на вероятность возникновения данного страхового случая ($0 < p \leq 1$) в условиях продолжающегося, незавершённого и завершённого строительства.

5. Плата за пользование природными ресурсами

$$ПП = f(W, A, G) \rightarrow MIN. \quad (10)$$

Плата за пользование водными ресурсами на коммунально-бытовые цели (W), воздушными ресурсами при наличии парка грузового и автотранспорта (A), земельными ресурсами с учётом земельного ресурса под утилизацию отходов (G).

6. Штрафы за загрязнение природной среды

$$Ш = f(Y_{ЭГЭ}, O_{ПС}, B_{ЭК}, L_{ПОД}, C, A) \rightarrow MIN. \quad (11)$$

Штрафы налагаются при задержке компенсационных выплат за наносимые ущербы или их сокрытие ($Y_{ЭГЭ}$), при нарушении требований Российского законодательства в части охраны окружающей природной среды ($O_{ПС}$), обеспечения экологической безопасности и безопасности в целом, повлекшей за собой аварийные, чрезвычайные и иные ситуации ($B_{ЭК}$); при отсутствии лицензии на природоохранную деятельность, связанную с предоставлением услуг третьим лицам ($L_{ПОД}$), сертификации работников (C) и аккредитации (A) лабораторий, вычислительных сетей и т.д.

7. Показатель ежегодной экономической эффективности капитальных вложений в суммарные природоохранные мероприятия

$$E_{эфк}^{\sum ПОМ} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pi_{ji}^{ПОМ} - R_{ОФ}}{K_{ЭК}} \rightarrow MAX, \quad (12)$$

где $\Pi_{ij}^{ПОМ}$ – ежегодная стоимость природоохранных мероприятий для i -ой составляющей среды в j -ой составляющей объекта; $R_{ОФ}$ – рентные платежи за основные фонды ГЭС; $K_{ЭК}$ – ежегодные суммарные капитальные вложения в обеспечение экологической безопасности и устойчивости природно-технической среды в зоне ГЭС.

При проведении экологического учёта и сопоставлении всех выше названных издержек и затрат оценивается экологический эффект природоохранной деятельности ГЭС.

Методология визуализации ЛТБМ при геоэкологическом анализе ГЭС базируется на взаимодействии различных технологий и технологических визуализаций на протяжении всего жизненного цикла ГЭС, что представлено на рис. 4. Визуализация предполагает в более широком смысле, чем это было принято до последнего време-

ни, поддержку решения двух основных стратегических задач по устойчивому экологическому развитию территорий.

Первая из них - это прямая задача, решаемая при помощи экологического мониторинга и заключающаяся в предотвращении экологического ущерба в результате развития территорий под влиянием человеческой деятельности и сохранении видового разнообразия, равновесия и живучести геосистемы в целом.

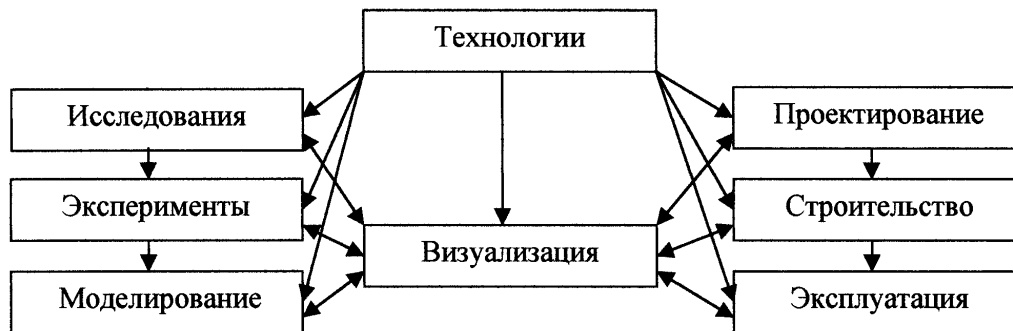


Рис. 4. Взаимосвязь технологий и технологических визуализаций при геоэкологической оценке ГЭС при эксплуатации

Вторая - это обратная задача, продиктованная результатами экологического аудита и включающая в себя действия по восстановлению нарушенной устойчивости, безопасности и надежности объектов и выявленных при этом ущербов для ОПС.

При решении прямой задачи особое внимание уделяется следующим мероприятиям, которые в дальнейшем могут служить основой для экологического менеджмента и учета территорий и их частей, при проведении экологического аудита с последующим решением обратной задачи: выявление источников геосферных рисков (в том числе и экологических); рассмотрение всех вариантов (сценариев) поведения и развития процессов при наступлении момента потери устойчивости, равновесия, живучести природно-технической геосистемы; выработка координирующих действий на основе взаимодополняющих и компенсирующих инженерно-технических методах, мерах и приемах по предотвращению, ослаблению, сокращению (по числу, времени, площади, пространству и т.д.), затормаживанию в границах толерантности процессов и явлений, спровоцированных и активизированных в ре-

зультате антропо- и техногенеза; отработка приемов и навыков мобильными подразделениями и службами для целей геосферного конфигурированного и многоуровневого сохранения геосферного равновесия и устойчивости.

При решении обратной задачи используется вся имеющаяся ретроспективная информация по данной территории с обязательной визуальной поддержкой. В этом случае осуществляется выбор стратегии и/или сценария по поддержанию устойчивого развития территории (МУ ГЭС) и устойчивому водопользованию, в частности, на основании свидетельств экологического аудита по результатам годичной деятельности, выполняются различные действия и мероприятия (для случаев ЧС и катастроф должны быть предусмотрены специальные мероприятия). Автор выделяет следующие действия, связанные с образовательной и подготовительной визуализацией: локализация и нейтрализация воздействия источника риска; предотвращение последующего рецидивного обнаружения источника геосферного риска; присвоение ситуации комплексной (интегральной) геосферной категории опасности и сложности; применение соответствующих категории инженерно-технических методов, мер и приемов с использованием оптимальных (рациональных) режимов работы мобильных подразделений, групп и служб для целей конфигурированного восстановления ПТС.

Решение обеих задач учитывает, что визуализация имеет характерное деление на визуализацию в натуре (невербальную диагностику) и инструментальную визуализацию (вербальную диагностику). Корректная постановка задачи предполагает для всех видов и способов визуализации как базисную рассматривать визуализацию в натуре. Автором предложена и внедрена классификация визуализации, классификация форм визуализации, разработана общая стратегия визуализации ЛТБМ при решении задач девелопмента территории.

Современный уровень развития информационно-управляющего обеспечения требует использования наукоёмких инновационных технологий при переходе от 1Д и 2Д анализа и прогноза развития территорий к 3Д параметризации и интерпретации визуализации мониторинговых участков ГЭС для целей стратегического управления

и природоохранной деятельности. Развитие космоаэрогеологических методов в нашей стране и за рубежом позволяет использовать ДДЗ Земли при оценке развития территорий и водосборов гидроузлов, в частности. Автор предлагает использовать ДДЗ при визуализации ЛТБМ и геоэкологического анализа индивидуальных участников водопользования (ГЭС и их каскадов, в частности) при актуальном и пролонгированном деvelopeменте территории. Частным случаем 3Д визуализации являются ГИС и 3Д картирование МУ ГЭС с использованием ДДЗ. Современный этап развития характеризуется использованием ГИС-технологий, облегчающих подготовку и обработку визуально интерпретируемых данных космических и аэроснимков совместимых с электронными картографическими данными. Интерпретация режимов работы ГЭС в данной постановке очень затратная, так как требует не только приобретения исходной информации (снимков), но и использования для их интерпретации программных продуктов, не имеющих аналогов в России (коммерческие пакеты Erdas Imagine, Arc View, Er Mapper и т.д.). В настоящее время все они русифицированы. Автором было проведено сравнение их возможностей для целей визуализации МУ, программирования в альтернативных средах, архивации, конвертации отдельных продуктов и результатов визуализации.

Использование интегрированных ГИС и 3Д картирования даёт объективную оценку локации ГЭС, объёмов и площадей природно-технического взаимодействия в наземной и подземной частях, влияния антропогенеза на гидроузел и каскад в целом, выявление очертаний границ взаимных претензий (например, природопользователей и природоохранных органов).

В 3 главе рассматривается подготовка ЛТБМ ГЭС для целей экологического аудита. Этому предшествует сбор материалов по опросным листам, нацеленный на облегчение и стимулирование деятельности по организации ЛТБМ с его использованием во внутреннем аудите ГЭС, на основании анализа надёжности и достаточности результатов общего и экологического ЛТБМ ГЭС. Вся работа в итоге должна быть сведена к следующему:

А. Оценка и анализ интенсивности, продолжительности, сезонности и периодичности всех видов воздействия эксплуатации объекта на ОПС (с учетом периодов ремонта, реконструкции, модернизации и улучшения/обновления).

Б. Информационно-аналитический обзор за последние 10 лет условий эксплуатации и затрат на поддержание имущественных фондов для сохранения их экологически безопасной и надежной работы.

В. Подготовка структуры АСУ и взаимосвязи функциональных модулей АСУ ТП ГЭС для формирования единой локальной вычислительной сети и сети ЛТБМ.

Г. Составление реестра необходимых инструментальных средств, приборной базы, сети Ethernet и т.д. по избыточной и дефицитной схемам.

Д. Подготовка графика проведения ЛТБМ объекта (суточного, недельного, сезонного и т.д.). При этом учитывают местоположение объекта, режимы его работы, близость водных и других природных объектов и комплексов, селитебные, водоохраные и другие зоны, определяющие наличие природоохраняемых и/или опасных объектов.

Сопоставление ВЭР для прогнозируемых состояний водной среды и её качественных показателей ведется в суточном, недельном, месячном, сезонном, годовом, ансамблевом и многолетнем периодах. Такой подход объясняется как режимами работы ГЭС, так и предопределённостью этих режимов гидрологическими, природно-климатическими, экономическими условиями. Следует рассматривать деление на водохозяйственные и календарные годы. При проведении аудиторских проверок отчётность имеет привязку к календарному году по выработке, расходам на собственные нужды, ущербу, затратам и т.д., но для адекватного анализа природоресурсного потенциала и тем более прогнозов геоэкологической устойчивости МУ ГЭС необходимо иметь полноту информации об изменении (рамочном варьировании) динамики ресурсоёмкости водного объекта. Это обеспечивается проведением попарного и ансамблевого сравнения результатов ЛТБМ ГЭС.

Интенсивность воздействия выраженной техногенной нагрузки в условиях развития территории приводит к возможности спорных результатов геоэкологиче-

ского анализа эксплуатации ГЭС и их каскадов. Одним из таких примеров может служить производственный цикл Костомукшского ГОК, в результате которого не только в водах, но и атмосферных осадках на значительном удалении (вплоть до 60 км радиального распространения) встречаются загрязняющие и токсикогенные вещества, обнаруживаемые в водах каскада Кемских ГЭС.

Развитие функций АСУ ТП ГЭС и использование информационных фондов при проведении ЛТБМ ГЭС объясняется, прежде всего, имеющимися возможностями по энерговооруженности и энергоёмкости собственных нужд ГЭС, дальнейшим развитием компьютерных технологий, используемых при эксплуатации, потребности в оперативной, текущей информации о состоянии и качестве ПТС как у дирекции каскада, так и всех заинтересованных в обеспечении устойчивой, надёжной и экологически безопасной эксплуатации лиц.

Глава 4 показывает роль и место экологического менеджмента при решении вопросов использования водных ресурсов водохранилища водопользователями и водопотребителями. Практические методы его осуществления носят в большинстве своём экономический характер и подвергаются уточнению и корректировке по результатам сезонного мониторинга и годового аудита с целью планирования превентивных мероприятий и мер по предотвращению ущерба геосредам; природопользованию, управлению природоохранной деятельностью и предупреждению техногенных аварий. Особенности экологического менеджмента ГЭС в экстремальных условиях заключаются в необходимости сверхкраткосрочных управленческих решений по ликвидации последствий ущерба форсмажорных и чрезвычайных ситуаций. Данные решения принимаются на основании сверхкраткосрочных оценок и прогнозов режимов работы ГЭС в аварийных и/или экстремальных условиях. Штатные ситуации предусматривают экологический менеджмент нормальных природообусловленных режимов эксплуатации на основании результатов ЛТБМ ГЭС.

В 5 главе проведено сопоставление экологического аудита с аудитом в общепринятом плане на объектах гидроэнергетики. Обработка данных внутреннего аудита ведется по алгоритму, представленному на рис. 5.

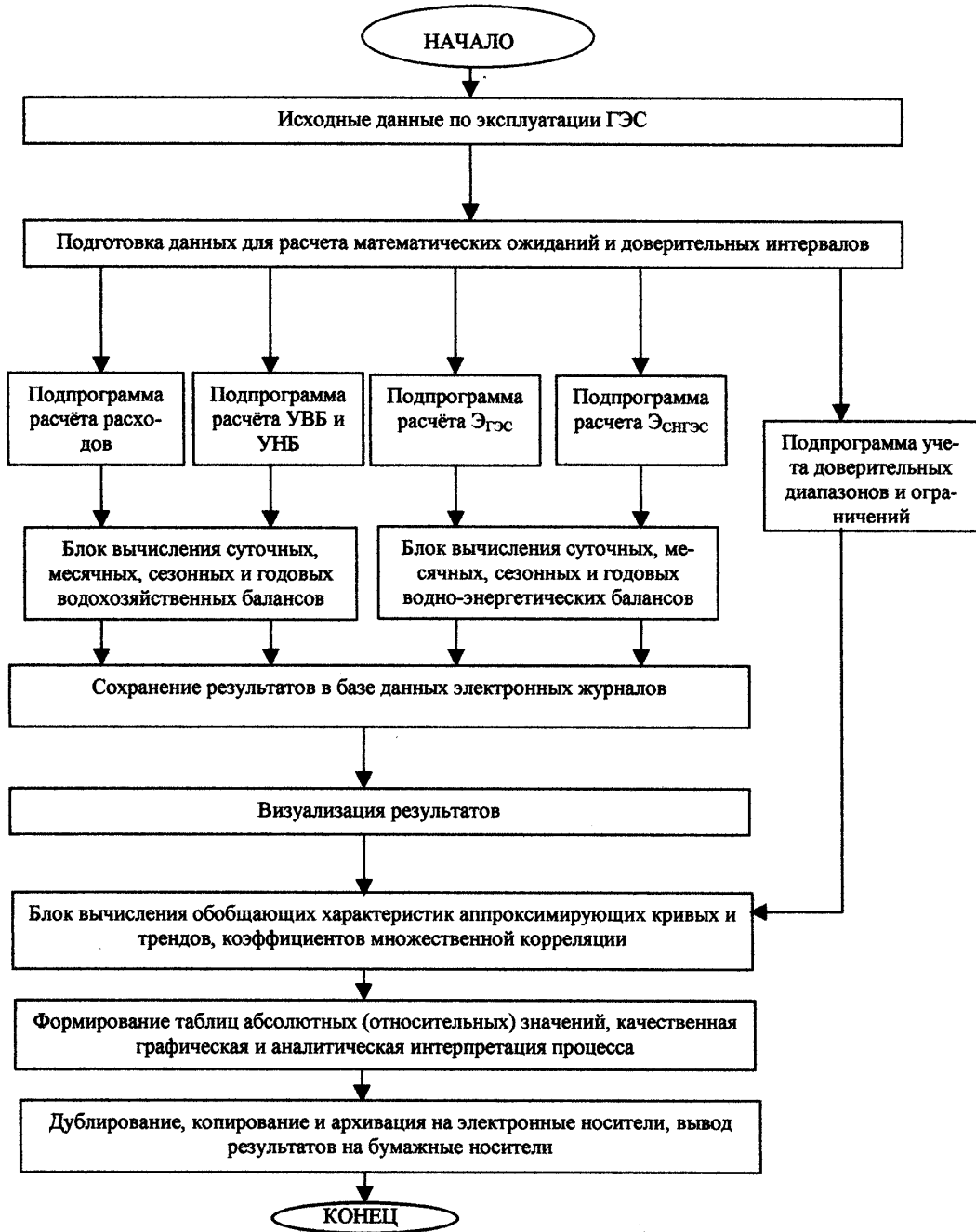


Рис. 5. Укрупненная блок-схема обработки данных в среде Microsoft Excel для экологического аудита ГЭС при эксплуатации на основании ЛТБМ

Данный алгоритм учитывает способы и обработку данных на каскадах ГЭС и их передачу в качестве отчетной информации в АО-энерго и другим заинтересованным государственным органам, обеспечивающим контроль, надзор за безопасностью и управление экологическими рисками энергетических объектов. Выделена особая доминанта внутреннего экологического аудита при геоэкологическом анализе ГЭС

при эксплуатации с обратной пролонгацией и использованием данных и визуализации ЛТБМ, позволяющая обеспечить свидетельства для внешнего аудита при решении спорных вопросов, претензий и оценке ущербов природопользователей (водопользователей всех категорий). Особенностью внешнего аудита является необходимость использования большого количества данных как собственных о состоянии природно-технической среды и влиянии динамики режимов работы ГЭС на это состояние, так и полученных при внутреннем аудите природопользователей ПТС. В соответствии со Стандартами (Правилами) аудита для этой работы привлекается автоматизированная компьютерная обработка данных. При наличии ИФ ГЭС на базе АСУ ТП и автоматизации внутреннего экологического аудита облегчается и регламентируется работа внешнего аудитора, использующего электронные журналы и архивы фонда. Наибольшее распространение в аудите получили статистические методы как обладающие достоверностью, надёжностью и относительной простотой реализации метода при наличии компьютерной вычислительной техники и локальной вычислительной сети. Применение статистических методов в экологическом аудите ГЭС и их каскадов обеспечивает единую базу расчётов для выявления тенденций влияния, развития и сопоставимости данных, имеющих размерные и безразмерные величины. На рис. 6 показан алгоритм обработки данных с использованием широко применяемого программного продукта Microsoft Excel, использование которого не требует особых навыков пользователя при наличии комфортной алгоритмизации, открытого программирования, простоты и наглядности результатов электронных таблиц и графического материала с возможностью последующей конвертации и импорта. На основании полученных данных выявлены сходные тенденции в изменении вариаций собственных нужд и их устойчивый коэффициент вариации для станций Кемского каскада, уровней верхнего и нижнего бьефа, турбинного расхода Подужемской и Путкинской ГЭС, не имеющих естественного притока на мониторинговом участке между створами станций. Зарегулированные режимы работы ГЭС по показателям водохозяйственных лет имеют с одной стороны естественную

предопределённость, а с другой стороны могут быть качественно близки к гидрологическим режимам естественных водотоков водосборных территорий.

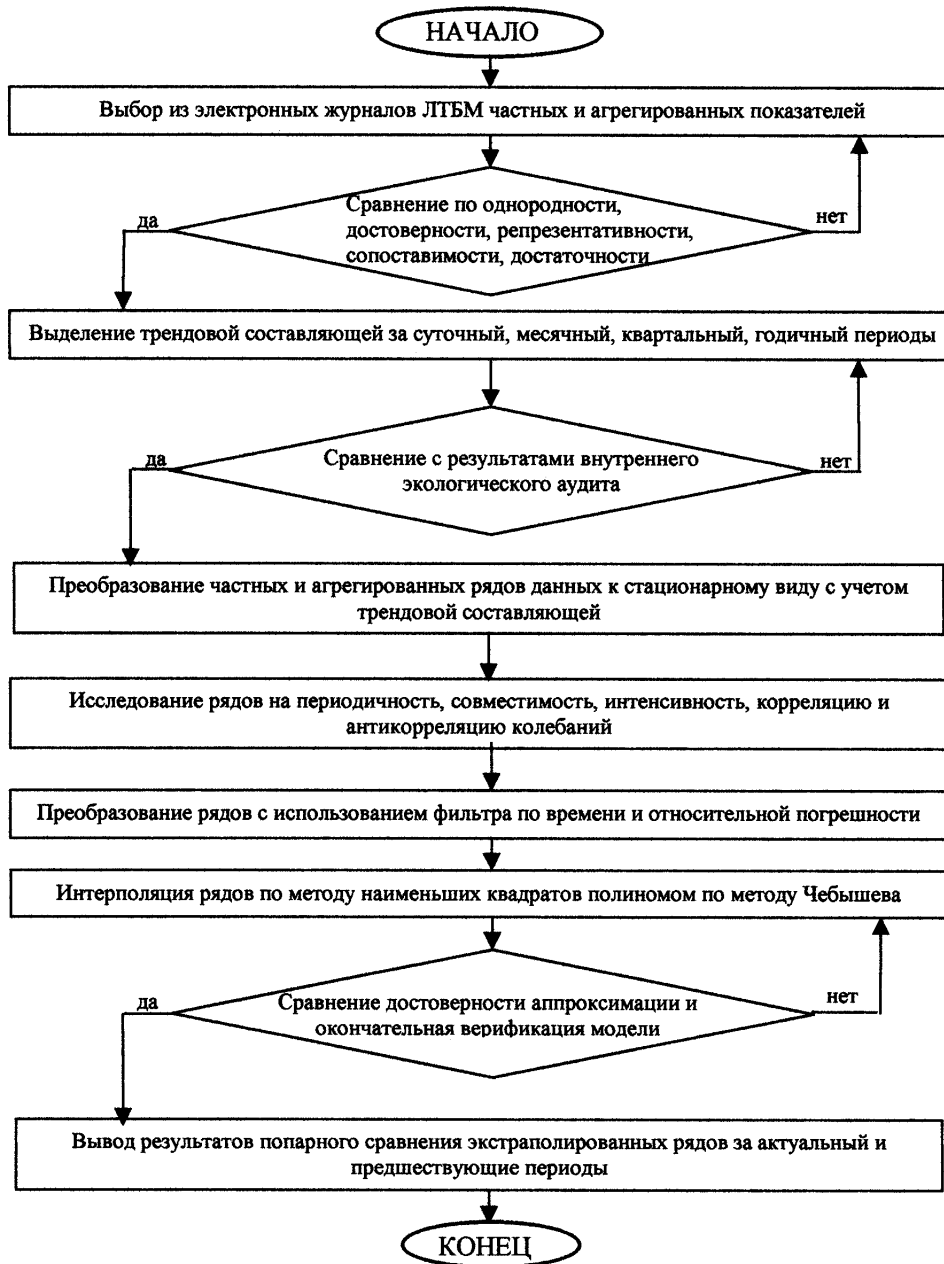


Рис. 6. Алгоритм обработки и представления статистической информации ЛТБМ при автоматизированном экологическом аудите ГЭС

Использование ИФ АСУ ТП ГЭС при автоматизированной обработке данных экологического аудита позволяет при наличии энергетических и экономических критериев оценки ГЭС и их каскадов выделить приоритетные экологические критерии и ограничения геоэкологической устойчивости природно-технической среды

МУ. Автором предложена математическая модель интерпретации мониторинговой информации на базе полинома Чебышева 6 степени, которая позволяет вести сравнение данных по основным гидроэнергетическим показателям станций каскада ГЭС в параллельном режиме с использованием данных за водохозяйственные года (основные периоды) и календарные годы. Использование данной модели позволяет осуществлять прогноз и планирование ВЭР с учётом природоохранных требований при наличии данных о солнечной активности за 100-летний период и статистики о ВЭР за период работы ГЭС, гидрометеорологических данных по водосбору.

При этом структура информации экологического мониторинга пополняется и корректируется, опции ИФ совершенствуются и имеют непрерывную информационно-управляющую основу и визуальное обеспечение. Использование АСУ ТП ГЭС для целей автоматизированной обработки данных экологического аудита связано с расширением функциональной значимости её за счёт включения в состав экологического мониторинга, и создания, таким образом, надёжной базы для применения результатов экологического учёта ГЭС при планировании развития, реконструкции, модернизации объекта. Это позволяет объединить основные фонды на природоохранную деятельность, не создавая отдельных структур, дублирующих информацию и расходуя дополнительные материальные и природные ресурсы. Тогда выполняются условия ресурсо- и энергосбережения и/или качественного перераспределения ресурсоёмкости и ресурсопотенциала ПТС.

В главе 6 приведены результаты фрагментарной постановки задач геоэкологического анализа ГЭС при эксплуатации в частных примерах внедрений. Оценка рационального режима работы Карельской ГАЭС является примером развития на водоёме структур гидроэнергетики и оценки изменения качества воды в бьефах. Суточный мониторинг качества воды в бьефах ГЭС (р. Кохер, Орнберг, Германия) позволил рассмотреть взаимосвязь, взаимозависимость и взаимоувязку показателей качества воды кислородной группы с учётом изменяющихся режимов водотока.

ЛТБМ каскада Кемских ГЭС и его развитие на р. Чирко-Кемь притоке р. Кемь способствует сохранению геоэкологической стабильности водосбора, снижению рисков

наводнений, подтоплений и прогнозу гидроэкологической ситуации. Геоэкологический анализ режимов работы каскада Кемских ГЭС в районе д. Юшкозеро показал несколько возможностей решения проблемы новых ГЭС, которые включали в себя инженерно-технические решения (соединительные каналы, расчистки порогов, расширение русла) и технологические решения (выбор режимов работы ГЭС, последовательность пропуска весенних паводков, срезка паводков за счёт использования призм гидроаккумулирования каскада ГЭС). При этом учитывалось возможное изменение геоморфологии русла и поймы в т.ч. и необратимое, изменение гидродинамического и гидротермического режимов системы озёр, изменение санитарно-экологического качества воды, динамические и акустические нагрузки периода производства работ и строительства. При оценке использовался программный комплекс расчёта неустановившегося движения воды в системе распределённых каналов, что соответствует рассматриваемому ключевому участку (порог Хеути) и его геоморфологическим, гидрологическим и гидравлическим характеристикам. Результаты исследований использованы в проекте обоснования экологической стабильности территории д. Юшкозеро.

Каскад ГЭС на р. Вуокса выполняет функцию трансграничного объекта гидроэнергетики, его станции являются замыкающими в каскаде из 4 ГЭС, две из которых эксплуатируются на территории Финляндии. С 1964 года работа каскада согласована, и назначение режимов работы идет с учётом требования поддержания уровней озера Сайма, Финляндия. Таким образом, около 40 лет режим работы определяется флуктуациями природно-климатических процессов. Геоэкологический анализ развития водосбора проводился с использованием ДДЗ и 3Д модели визуализации МУ, предложенной автором и внедренной для оценки землепользования и управления недвижимостью. Использование ДДЗ с применением наукоёмких компьютерных технологий позволило сделать оценку изменений за 10-летний период, которые имели сложно распределённый характер, и заключались в сукцессии растительности (16,86%), изменении увлажнённости почвы (1,53%), появлении обнажения (2,44%), что было зафиксировано, рассчитано и продемонстрировало природоформирующую

функцию каскада ГЭС. Оценка работы ГЭС и изменение режимов работы были интерпретированы с учётом солнечной активности и геомагнитной активности Земли (рис. 7, 8) с учётом 18 летнего периода, когда была установлена связь вариаций солнечной активности и водности р. Вуокса. Автором проведено исследование по использованию индикатора расхода ГЭС с целью выявления корреляционно-регрессионных связей с водностью рек в зарегулированном и естественном режимах. Выявлены общие тенденции на реках Восточной части Балтийского щита (в частности на реках водосбора р. Кемь, р. Чирко-Кемь и р. Вуокса).

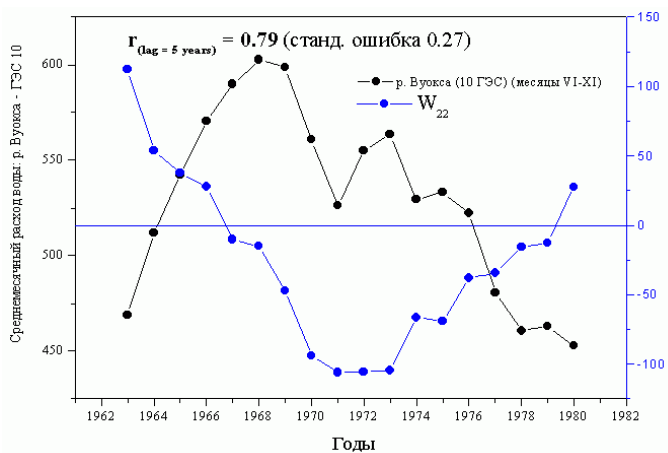


Рис. 7.

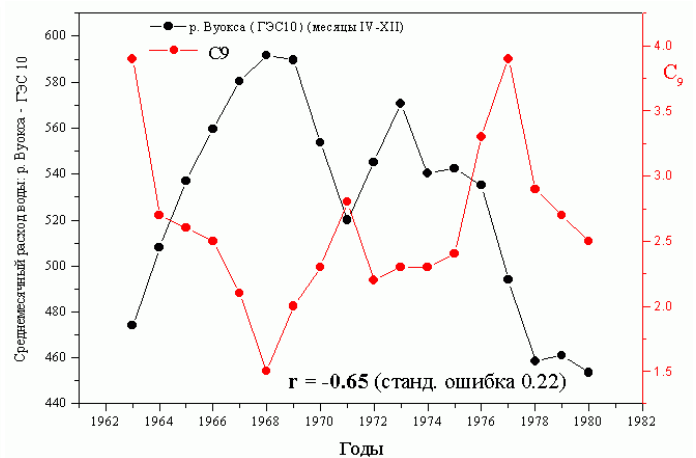


Рис. 8.

Рис. 7. Вариации водности и солнечной активности (числа Вольфа, 22-летний цикл) в створе Светогорской ГЭС р. Вуокса

Рис. 8. Вариации водности и геомагнитной активности в квази-11-летнем цикле в створе Светогорской ГЭС р. Вуокса

Эти тенденции в первую очередь позволяют качественно скорректировать режимы работы станции, проводя аналогии с многолетними тенденциями гидрологических режимов водосборов, учитывая влияние солнечной и геомагнитной активности на водность рек и их вариации, включая корреляцию и антикорреляцию, неоднородные сдвиги.

Основными результатами диссертационной работы являются следующие:

1. Впервые предложена и разработана методология визуализации ЛТБМ, использующая возможности наукоёмких компьютерных технологий при эксплуатации ГЭС, развитии территорий и управлении недвижимостью.

2. Разработана методология экологического учёта как интегральной процедуры экологического мониторинга, менеджмента и аудита ГЭС. Таким образом, предложено новое научное направление исследований – геоэкологический анализ мониторинговых участков ГЭС.
3. Сопоставлены условия и возможности совершенствования технической базы АСУ ТП ГЭС для экологического учёта при фиксировании информационного пространства мониторингового участка и определении источников возможных спорных откликов техногенеза.
4. Получила дальнейшее развитие структура АСУ ТП ГЭС для целей геоэкологического анализа ГЭС и их каскадов.
5. Сопоставлены современные условия организации мониторинга и предложена усовершенствованная структура ЛТБМ с использованием локальной вычислительной сети для решения эксплуатационных задач ГЭС.
6. На примере каскада Кемских ГЭС проведена апробация предложенной структуры ЛТБМ. Результаты по экологическому обоснованию режимов работы Карельской ГАЭС прошли экспертизу в Госкомприроде Карелии и использованы в ТЭО Карельской ГАЭС. Результаты по суточному мониторингу использовались при подготовке имитационной модели мониторингового участка ГЭС на р. Кохер, г. Орнберг, Германия. Результаты использованы в учебном процессе при подготовке студентов и аспирантов по специальности "Гидроэлектроэнергетика", СПбГПУ, при переподготовке специалистов в МИПК при СПбГПУ, проведении НИР на кафедре ВИЭГ СПбГПУ и в институте водного строительства Университета Штутгарта, Германия.
7. Впервые разработана математическая модель интерпретации мониторинговой информации для принятия решений по основным режимным параметрам ГЭС для сверхкраткосрочных прогнозов, а так же статистические методы применены для экологического аудита сопоставляемых основных энергетических характеристик ГЭС и их каскадов с целью последующего прогноза и планирования режимов работы станций.

8. Впервые исследовано влияние солнечной и геомагнитной активности на водный режим рек водосборов р. Вуокса, Кемь, Чирко-Кемь в естественном и зарегулированном состоянии.
9. Впервые использованы ГИС и ДДЗ для визуализации мониторингового участка ГЭС при эксплуатации, 3Д визуализация для оценки и прогноза развития территории водосбора гидроузлов.

В терминологическую базу геоэкологического анализа ГЭС предложены и введены понятия ЛТБМ, мониторинговый участок, визуализация ЛТБМ, природно-техническая среда, визиолог.

* * *

Задачи дальнейших исследований состоят в развитии, совершенствовании и полном внедрении экологического учёта ГЭС как основы для проведения геоэкологического анализа ГЭС и их каскадов на уровне станций, каскадов, АО-энерго, дальнейшем углублении исследований по учёту солнечной активности в геоэкологической оценке ГЭС на локальном и региональном уровне, разработке усовершенствованных методов управления недвижимостью ГЭС.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Арефьев Н.В., Кононова М.Ю. Возможности расширения функций ГЭС-ГАЭС по управлению качеством воды в бьефах//Рац. использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Межвуз. сб. – ЛГТУ. – 1991. – Вып. 14. – С. 14-17.
2. Васильев Ю.С., Кононова М.Ю. Расширение функциональной значимости АСУ ТП ГЭС//Гидротехн. стр-во. – 1992. - № 12. – С. 1-4.
3. Васильев Ю.С., Кононова М.Ю. Системы мониторинга для управления режимами работы ГЭС//Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. «Управление водным хозяйством России», Часть 1(Екатеринбург, 14-18.12.1992). – Екатеринбург: РосНИИВХ, 1992. – С. 31-32.
4. Васильев Ю.С., Кононова М.Ю. Обработка наблюдений мониторинга, как важнейшее звено оптимального природопользования//Тез. докл. 2 Всесиб. конф. по мат. пробл. экол. – Новосибирск: СО РАН, 1994. – С. 52-53.

5. Кононова М.Ю. Управление на основе экстрэкологического планирования//Тез. докл. второй Всесиб. конф. по мат. пробл. экол. "Мат. пробл. экол.". - Новосибирск: СО РАН, 1994. - С.88-89.
6. Kononova M.J., Giesecke J., Jorde K. Gewässergüteuntersuchungen im Kocher bei Ohrnberg//Wissenschaftlicher Bericht. Im Rahmen des Projektes "Simulationsmodell zur Beurteilung ökologischer Auswirkungen von Mindestwasserregelungen", Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Stuttgart, 1995. - 44 S.
7. Кононова М.Ю. Оперативное информационное обеспечение моделируемого и прогнозируемого управления объектами гидроэнергетики//Междунар. науч.-техн. конф. "Информ. технологии в моделировании и управлении", СПб, 25-27 июня 1996.- СПб: СПбГТУ, 1996. – С. 153-155.
8. Васильев Ю.С., Арефьев Н.В., Кононова М.Ю. Природно-технический мониторинг энерговодохозяйственных комплексов. Система обработки информации. Метод. указ.. СПб, СПбГТУ, 1997. – 42 с.
9. Кононова М.Ю. Интегральная мониторинговая оценка экологической устойчивости при развитии энергокомплексов на возобновляющихся источниках энергии//Мат-лы науч.-техн. конф. "Фундамент. исслед. в техн. университетах" СПб, 16-17.06.1997. – СПб: СПбГТУ, 1997. – С. 87-88.
10. Кононова М.Ю. Интегральная оценка экологической безопасности малых энергетических комплексов//Мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. "Современные проблемы гидроэнергетики", Ташкент, 14-15.11.1997. – Ташкент: ТашГТУ, 1997. – С. 135-136.
11. Кононова М.Ю. Оценка и прогноз качества воды в бьефах ГЭС (ГАЭС). Лаб. практикум. СПб: СПбГТУ, 1998. – 39 с.
12. Кононова М.Ю. Оценка и прогноз качества воды в бьефах ГЭС (ГАЭС). Метод. указания. СПб: СПбГТУ, 1998. – 50 с.
13. Кононова М.Ю. Изменение техногенной нагрузки на водосборе при создании каскадов ГЭС//Мат-лы науч.-техн. конф. "Фундамент. исслед. в техн. ун-тах" СПб, 25-26.06., 1998. – СПб: СПбГТУ, 1998. – С. 179-180.

14. Кононова М.Ю. Суточный экологический локальный территориально-бассейновый мониторинг управления ЭВХС//Мат-лы науч.-техн. конф. “Фундамент. исслед. в техн. ун-тах” СПб, 25-26.06. 1998. – СПб: СПбГТУ, 1998. – С. 180-181.
15. Kononova M.J. Daily ecological local catchment-area monitoring for the aims of management of the water-economic system// NATO Advanced Research Workshop (ARW), “Stochastic Models of Hydrological Processes and their Applications to Problems of Environmental Preservation” Moscow, Russia, November 23-27, 1998, Proceedings. – М: Изд. РСХА, 1998. – PP. 318-322.
16. Кононова М.Ю. Развитие локального территориально-бассейнового мониторинга//Науч.-техн. ведомости СПбГТУ, № 4, 1998. – С. 45-51.
17. Кононова М.Ю. Природоохранное использование водной энергии в условиях экологического учета//VII Междунар. форум «Природные ресурсы стран СНГ»: Сб. мат-лов 2 Междунар. конф. «Акваторра-1999», СПб, 9-12.11.1999. – СПб: Изд. РЕСТЭК, 1999. – С. 67-68.
18. Kononova M.J. Visualization of ecological water management// St. Petersburg Business Days’ 2000, “Northern Dimension” of Environment: Industrial and technical cooperation in the Baltic Sea Region, September 27, 2000, St.Petersburg, Proceedings, Volume II. – St. Petersburg: AP Group, VSB Plus, 2000. – PP. 31-35.
19. Кононова М.Ю. Региональное проведение энергосбережения для экологической устойчивости территорий с ГЭС//Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Технол. энергосб., стр-во и экспл-ция инженерных систем», 28-30.03.2000 г., СПб. - СПб: Изд-во СПбГТУ, 2000. – С. 109-110.
20. Кононова М.Ю. Влияние энергосбережения на состав участников энергопроизводства и сопутствующие экологические проблемы//Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Технол. энергосбер., стр-во и эксп-ция инж. систем», 28-30.03.2000 г., СПб. - СПб: Изд-во СПбГТУ, 2000. – С. 110-112.

21. Кононова М.Ю. Мониторинг водной среды при экологическом аудите объектов гидроэнергетики//Мат-лы науч.-техн. конф. «Инженерная экология – XXI век», Москва, 23-25.05.2000 г. – М.: МЭИ (ТУ), 2000. – С. 29-31.
22. Кононова М.Ю. Устойчивое геосферное развитие территорий на основании природоохранного законодательства//Тр. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. «Экономика, экология и общество России на пороге 21-го столетия», СПб, 23-25.05.2000 г. - СПб: Изд-во СПбГТУ, 2000. – С. 384-386.
23. Кононова М.Ю. Экологический учет для обеспечения и поддержания безопасности объектов гидроэнергетики//Труды 2-й Междунар. науч.-практ. конф. «Экономика, экология и общество России на пороге 21-го столетия», СПб, 23-25.05.2000 г. - СПб: Изд-во СПбГТУ, 2000. – С. 388-390.
24. Кононова М.Ю. Формализация визуализации для устойчивого развития территорий с ГЭС//Мат-лы IV Всерос. науч.-метод. конф. «Фундамент. исслед. в техн. ун-тах», СПб, 8-9.06.2000. – СПб: СПбГТУ, 2000. – С. 44.
25. Кононова М.Ю. Экологический учет для объектов энергетики//Сб. докл. Междунар. экол. конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности», 14-16.06.2000 г. СПб, Том 1. – СПб: БГТУ, 2000. – С. 139.
26. Кононова М.Ю. Визуализация для целей поддержки стратегических задач по устойчивому экологическому развитию территорий//Труды 2 Междунар. науч.-практ. конф. «Информ. технол. в моделировании и управлении», 20-22.06.2000 г. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2000. – С. 191-193.
27. Кононова М.Ю. Объекты на возобновляющихся источниках энергии как объекты недвижимости при управлении и аудите//Научные проблемы энергетики возобновляемых источников: Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Самара: СамГА-СА, 2000. - С. 68-69.
28. Кононова М.Ю. Многостадиальная визуализация водопользования для целей стратегического управления и природоохранной деятельности//Сб. мат-лов 3 Междунар. конф. «Акваторра-2000», СПб, 14-17.11.2000. – СПб: Изд. РЕСТЭК, 2000. – С. 78-80.

29. Васильев Ю.С., Кононова М.Ю. О стратегии водопользования в современных условиях//Сб. мат-лов 3 Междунар. конф. «Акваторра-2000», СПб, 14-17.11.2000. – СПб: Изд. РЕСТЭК, 2000. – С. 178-179.
30. Кононова М.Ю. О визуализации результатов ЛТБМ // Науч.-техн. ведомости СПбГТУ, 2000, № 3. – С. 116-127.
31. Кононова М.Ю., Никонова О.Г. Об использовании трехмерных интерпретаций в качестве сопровождения перспективных форм природопользования // Региональная экология, 2000, № 3-4 (15). – С. 7-12.
32. Kononova M.J. Multiple-Stage Visualization of Nature Use for the Strategic Development and Environmentally Friendly Activity // Working Papers submitted as part of the Specialist Workshop on “Environmental Protection, Sustainability and Information – Regional Approaches in the Baltic Sea Region” Held in Saint- Petersburg, Russia, 22-24 February 2001, Hamburg, BEIDS, 2001. – Pp. 79-92.
33. Кононова М.Ю. Информационный фонд энергетических объектов России в составе экологического учета//Официальный каталог «Энергетика и электротехника», Восьмая междунар. спец. выставка, 15-18.05.2001, СПб. – СПб: Изд-во ЛЕН-ЭКСПО, 2001. – С. 17-18.
34. Кононова М.Ю., Морозова А.Л. Перспективы учета влияния солнечной активности при проведении геоэкологического мониторинга водосборной территории с ГЭС//Сб. мат-лов IV Междунар. конф. «Акваторра», СПб, 13-16.11.2001. – СПб: Изд. РЕСТЭК - С. 89-90.
35. Кононова М.Ю. Визуализация мониторингового участка для геоэкологического обоснования водопользования//Сб. мат-лов IV Междунар. конф. «Акваторра», СПб, 13-16.11.2001. – СПб: Изд. РЕСТЭК - С. 90-91.
36. Никонова О.Г., Кононова М.Ю. Инспирация геосферной ситуации для работы ГЭС//Науч.-техн. ведомости СПбГТУ, 2001, № 3. – С. 131-137.
37. Кононова М.Ю., Морозова А.Л. Геоэкологический мониторинг водосборной территории гидроузлов: Учет влияния солнечной активности//Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002, Том 240. – С.116-120.