

**Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт водных проблем Российской академии наук
(ИВП РАН)**

О Т Ч Е Т
о научной и научно-организационной деятельности
Института водных проблем
за 2015 г.

Отчет рассмотрен и одобрен
Ученым советом Института водных проблем РАН
Протокол № 11 от «29» декабря 2015 г.

Москва
2015 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Директор Института,
чл.-корр. РАН

В.И. Данилов-Данильян

«29» декабря 2015 г.

Зам. директора Института,
д-р физ.-мат. наук

А.Н. Гельфан

«29» декабря 2014 г.

Ученый секретарь Института,
канд. техн. наук

М.И. Степанова

«29» декабря 2014 г.

РЕФЕРАТ

Отчет: 126 с., 2 табл.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА СУШИ, РЕЖИМ И КАЧЕСТВО ВОД, ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМЫ, ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

В настоящем Отчете представлены основные результаты деятельности Института водных проблем РАН в 2015 г., систематизированные и обобщенные на основании ежегодных отчетов научных подразделений. Научные исследования Института проводятся в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации и перечня критических технологий РФ и соответствуют утверждённой «Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг.» по пяти направлениям.

Отчет содержит информацию об основных результатах научной деятельности (по темам плана НИР в рамках государственного задания, государственным контрактам в рамках федеральных целевых и ведомственных (отраслевых) программ, грантам российских и международных фондов, международным проектам, хозяйственным договорам); практической реализации полученных результатов, научно-организационной работе, международном сотрудничестве, редакционно-издательской деятельности, экспедиционным работам, финансировании научных исследований.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	8
I ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	9
Фундаментальные научные исследования по программе ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 гг.	10
1. Государственное задание	10
1.1 Тема «Развитие методов исследования и моделирования гидрологического цикла суши, гидрофизических, гидродинамических, гидрохимических и гидробиологических процессов в водных объектах и их бассейнах».....	10
1.2 Тема «Развитие методов оценки ресурсов и режима поверхностных и подземных вод, прогноза водообеспеченности регионов России при вероятных сценариях изменений климата и развития экономики».....	18
1.3 Тема «Разработка научных основ теории формирования качества вод суши, методов исследования динамики водных и наземных экосистем, совершенствование комплексного мониторинга водных объектов».....	28
1.4 Тема «Развитие теории и методов прогнозирования опасных гидрологических явлений, оценки их предсказуемости, риска и масштабов, обоснование рекомендаций по смягчению негативных социально-экономических и экологических последствий».....	39
1.5 Тема «Совершенствование методов и технологий исследования водных объектов и их бассейнов с использованием данных спутникового зондирования поверхности Земли».....	41
1.6 Тема «Совершенствование теории и методов управления ресурсами вод суши и водоохранной деятельностью с позиций рационального природопользования, надежности водообеспечения регионов России и решения социальных задач».....	43
2. Программы фундаментальных исследований Президиума РАН	50
2.1 Программа № 16 «Пространственное развитие России в XXI веке: природа, общество и их взаимодействие».....	50
2.1.1 Проект «Методы и алгоритмы оптимизации распределения сбросов загрязняющих веществ по источникам их образования».....	50
2.1.2 Проект «Новые подходы в регулировании взаимодействия общества с объектами и процессами гидросферы».....	51
2.2 Программа № 18 «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики».....	52
2.2.1 Проект «Разработка методов прогнозирования и смягчения последствий русловых деформаций, вызванных катастрофическими наводнениями на реках, протекающих в криолитозоне, в условиях колебаний климата».....	52

3.	Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН	53
3.1	Программа № 10 «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России».....	53
3.1.1	Проект «Оценки изменений речного стока на территории Российской Федерации в XXI веке вследствие глобальных изменений климата: сравнительный анализ различных методов и подходов к прогнозированию»..	53
3.1.2	Проект «Разработка методов описания процессов формирования запасов почвенных вод – основной характеристики водообеспеченности обширной территории сельскохозяйственного назначения при использовании спутниковых данных».....	54
3.1.3	Проект «Пространственно-временные особенности формирования и распределения возобновляемых ресурсов и качества подземных вод регионов России в условиях неопределенности климатических характеристик и антропогенного воздействия».....	55
3.1.4	Проект «Прогнозирование использования ресурсов пресных подземных вод в качестве резервного источника водоснабжения населения».....	57
3.1.5	Проект «Разработка комплекса новых методов для изучения процессов формирования и восстановления качества вод, состояния водных экосистем в условиях антропогенных нагрузок на водные объекты юга России».....	59
3.1.6	Проект «Моделирование внутриводоемных процессов и экологического состояния водных объектов при изменении климата и антропогенной нагрузки».....	61
3.1.7	Проект «Исследование процессов и механизмов поступления, трансформации и выноса загрязняющих веществ от диффузных источников загрязнения на водосборных территориях водных объектов на основе моделирования массообмена в системе водосбор – водный объект».....	62
3.1.8	Проект «Совершенствование методов прогноза и оценки качества природных вод; минимизации негативных эффектов при высоких рисках и чрезвычайных ситуациях, связанных с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов».....	62
3.1.9	Проект «Развитие методологических подходов молекулярно-биологического и биоинформационного мониторинга процессов восстановления качества вод в природных и природно-техногенных объектах».....	63
3.1.10	Проект «Ретроспективный анализ и прогноз качества воды водных объектов в бассейне Верхней Волги в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки».....	64
3.1.11	Проект «Экстремальные гидрологические явления на водных объектах России в условиях климатических изменений и антропогенной нагрузки».....	65

3.1.12	Проект «Разработка методов и гидроинформационных технологий оценки опасности и управления риском наводнений для паводкоопасных участков речных систем».....	66
3.1.13	Проект «Совершенствование методов расчетов и прогнозов катастрофических явлений в устьевых областях рек России».....	67
3.1.14	Проект «Методология планирования рационального развития водного хозяйства в регионе или на водохозяйственном участке крупной реки с учётом требований национальной безопасности».....	68
3.2	Программа № 12 «Эколого-географические условия и ограничения природопользования для диверсификации экономики России и ее регионов»	69
3.2.1	Проект «Современный гидроморфизм на юге Европейской части России как ограничение развития хозяйственной деятельности».....	69
4	Фундаментальные и прикладные исследования по федеральным целевым и ведомственным программам	70
4.1	Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах».....	70
4.1.1	Государственный контракт с Министерством природных ресурсов РФ по теме «Научное обоснование мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги».....	70
4.2	Государственный контракт № НИР-15-01 от 03 сентября 2015 г. по теме: «Оценка связи (влияния) уровенного режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) с его экологическим состоянием и современными социально-экономическими требованиями региона в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности. Анализ нормативных правовых основ регулирования стока и предложения по их совершенствованию».....	71
4.3	Программа развития ООН Глобального экологического фонда (ПРООН ГЭФ) и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России».....	72
4.3.1.	Проект «Организация и выполнение мониторинга (включая предпроектный мониторинг) состояния биоразнообразия в зонах воздействия проектируемых, строящихся и эксплуатируемых гидроэнергетических объектов в Амурской области».....	72
5	Инициативные исследования	73
5.1	Мегагрант Минобрнауки РФ №14.В25.31.0026 «Внетропический гидрологический цикл в условиях современного и будущего климата: неопределенности и предсказуемость».....	73
5.2	Гранты Российского научного фонда (РНФ)	73
5.3	Гранты Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)....	76
II	ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА	85

III	НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА.....	90
	Участие в организации и проведении научных мероприятий.....	90
	Поручения государственных и руководящих органов.....	93
	Участие в работе научных советов, комитетов, комиссий.....	94
	Деятельность Ученого совета и его секций.....	95
	Сведения о научных кадрах.....	95
	Работа по совершенствованию деятельности Института и его структуры	96
	Координационная деятельность, связь с отраслевой и вузовской наукой	96
IV	МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО.....	98
V	РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	102
VI	ЭКСПЕДИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	106
VII	СВЕДЕНИЯ О ФИНАНСИРОВАНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..	109
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	110

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с планом научно-исследовательских работ Института, в отчетном году выполнялись исследования по следующим разделам.

1. Фундаментальные исследования по плану НИР (государственное задание).
2. Фундаментальные исследования по программам Президиума РАН.
3. Фундаментальные исследования по программам Отделения наук о Земле РАН.
4. Фундаментальные и прикладные исследования по государственным контрактам в рамках федеральных целевых и ведомственных (отраслевых) программ.
5. Инициативные исследования по грантам российских и международных фондов.

Кроме того, проведены работы по хозяйственным договорам с заказчиками, международным проектам и соглашениям.

Научно-организационная деятельность включала организацию международных и всероссийских конференций и участие в них; координацию фундаментальных исследований под эгидой Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши»; работу Ученого совета и его секций; подготовку материалов для руководящих государственных органов, Президиума РАН; экспертизу водохозяйственных проектов и регламентов; работу в редколлегиях журналов, диссертационных, экспертных, научных, научно-технических советах и комиссиях; пропаганду научных знаний; взаимодействие с отраслевой и вузовской наукой и др.

В соответствии с постановлением Бюро ОНЗ РАН от 25 ноября 2014 г. № 13000/7-4 и распоряжением Президиума РАН от 3 февраля 2015 г. № 10115-54 Институт выполнял функции головной организации по Программе фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН №10 «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России». В работе принимали участие институты Отделения наук о Земле РАН и Сибирского отделения РАН.

I. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научные исследования Института проводятся в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации – «Рациональное природопользование», «Науки о жизни» и перечня критических технологий РФ:

- технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения;
- технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- технологии информационных, управляющих, навигационных систем.

Тематика исследований соответствует «Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг.», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. №2237-р, по пяти направлениям:

76. Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водобеспечения и водопользования страны;

77. Физические и химические процессы в атмосфере, включая ионосферу и магнитосферу Земли, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов;

78. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий;

79. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества;

80. Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.

В отчетном году выполнялись работы по 64-м темам, в их числе: 6 тем плана НИР в рамках утверждённого ФАНО России государственного задания; 3 проекта Программы фундаментальных исследований Президиума РАН; 15 проектов Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН; 3 проекта по государственным контрактам (в рамках федеральных целевых и ведомственных программ); один мегагрант Минобрнауки РФ; 5 грантов РНФ; 20 исследовательских грантов РФФИ; 4 договора с российскими заказ-

чиками; один проект в рамках двухсторонних соглашений РАН по безвалютному межакадемическому обмену; 5 международных проектов, один договор о научном сотрудничестве с зарубежными партнёрами.

Результаты работ рассматривались на заседаниях Ученого совета Института и его секций. В декабре проведена итоговая сессия Ученого совета по обсуждению результатов фундаментальных исследований за отчетный период и направлений их дальнейшего развития. В данном отчете приведена краткая характеристика основных результатов, их подробное изложение содержится в отчетах научных подразделений.

1. Фундаментальные научные исследования по программе ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 гг.

1. Государственное задание

1.1. Тема «Развитие методов исследования и моделирования гидрологического цикла суши, гидрофизических, гидродинамических, гидрохимических и гидробиологических процессов в водных объектах и их бассейнах»

1.1.1. Раздел «*Развитие методов динамико-стохастического моделирования гидрологических процессов в речных бассейнах*»

Разработана динамико-стохастическая модель формирования снежного покрова с пространственно распределенными случайными входами (на примере бассейна Чебоксарского водохранилища). Модель включает динамическую подмодель, описывающую процессы формирования снежного покрова и снеготаяния на рассматриваемой территории, а также стохастический генератор погоды с пространственно распределенными параметрами. Последний позволяет моделировать методом Монте-Карло искусственные ряды среднесуточных значений температуры и дефицита влажности воздуха, суточных сумм осадков с учетом временной и пространственной корреляции между этими метеорологическими переменными на рассматриваемой территории.

Проанализированы характеристики пространственной структуры полей снежного покрова на рассматриваемой территории по данным снегомерных наблюдений, исследованы возможности модели для описания этих характеристик. Показано, что структурные функции полей фактических значений запаса воды в снеге и высоты снежного покрова хорошо описываются степенной зависимостью (до расстояний порядка 1000 км), т.е. соответствующие поля могут иметь фрактальную структуру и обладать свойством самоподобия.

С помощью динамико-стохастической модели удалось воспроизвести наблюдаемые особенности полей характеристик снежного покрова. Фрактальные размерности рассчитанных полей указанных характеристик оказались близки к соответствующим размерно-

стям полей, оцененным по данным снегомерных наблюдений: для полей фактических и рассчитанных снеготолщин фрактальные размерности варьируют в диапазоне $2.76 \div 2.68$ и $2.67 \div 2.60$, соответственно, а для полей высоты снежного покрова эти диапазоны составляют $2.56 \div 2.48$ и $2.53 \div 2.41$, соответственно.

1.1.2. Раздел *«Развитие методологии и технологии построения физико-математических моделей формирования стока и качества воды в речных бассейнах различных пространственных масштабов»*

Разработана и реализована физико-математическая модель формирования стока и качества воды в речных бассейнах ЕСОМАГ с использованием геоинформационных технологий. Получены следующие основные результаты.

Разработан блок качества воды в гидрологической модели ЕСОМАГ, описывающий процессы аккумуляции загрязнений на поверхности речного бассейна, их растворение талыми и дождевыми водами, просачивание растворенных поллютантов в почву, взаимодействие с почвенным раствором и твердой фазой почвы, биохимическую деградацию, перенос загрязнений поверхностным, подповерхностным, грунтовым и речным стоком.

Проведены испытания блока для двух небольших водосборов в районе комбината Печенганикель, подверженных интенсивной антропогенной нагрузке. Сопоставление результатов моделирования с фактическими данными динамики концентраций никеля в различных створах речной сети показало, что модель удовлетворительно воспроизводит наблюдаемые концентрации никеля в речных водах и позволяет оценивать динамику их загрязнения с более высоким пространственно-временным разрешением, чем на основе существующей сети мониторинга.

Оценен вклад различных составляющих антропогенной нагрузки в загрязнение речных вод в районе комбината «Печенганикель». Показано, что значительный вклад в загрязнение речных вод в регионе (в среднем от 50 до 80%) вносят сильно загрязненные почвенно-грунтовые воды в результате значительных выбросов в атмосферу, осадения и накопления этих загрязнений за длительный период работы комбината. Результаты моделирования показывают, что даже при прекращении работы комбината на очищение бассейна и речных вод до фоновых концентраций потребуются около 3-х десятилетий.

1.1.3. Раздел *«Развитие методов оценки водных ресурсов и режима вод суши, прогноза водообеспеченности для северной части территории Сибири при вероятных сценариях изменений климата»*

Полярные регионы, в значительной мере контролируемые гидрологические процессы и водные ресурсы северного полушария планеты, подвергаются ряду самых ранних и

наиболее глубоких изменений, вызванных изменением климата. Особую озабоченность по поводу влияния меняющегося климата на водные ресурсы полярных регионов вызывает Арктика. Пан-Арктический бассейн характеризуется огромным разнообразием водных ресурсов, включая многие самые большие реки мира. В докладах МГЭИК даются оценки приращения температуры в северном полушарии к концу XXI века ~ на 3 - 5 С°, а приращения осадков – на 15%. В связи с этим в отчетном году ставилась задача оценить изменение составляющих водного баланса бассейна р. Лены – самой крупной реки Восточной Сибири, до середины 60-х годов XXI столетия. Получены следующие основные результаты.

Оценена возможность использования модели взаимодействия подстилающей поверхности суши с атмосферой SWAP для прогнозирования стока р. Лены при изменении климатических условий на территории ее бассейна. Оценка производилась на основе данных гидрометеорологических наблюдений современного периода (1967-1999 гг.). Проведенный эксперимент показал, что модель SWAP, откалиброванная для конкретного северного речного бассейна по периоду наиболее холодных и сухих лет, может быть использована с теми же оптимизированными параметрами для расчетов стока и для более теплых и влажных лет. Именно тенденция потепления и увеличения количества осадков наблюдается в сценарных климатических прогнозах МГЭИК в районах Сибири до конца XXI века.

Для четырех климатических сценариев МГЭИК – SRES: A1, A2, B1, B2, соответствующих заданным сценариям экономического, технологического, политического и демографического развития общества, получены прогностические варианты динамики трехчасовых значений метеорологических элементов до 2065 г. в бассейне р. Лены.

На основе полученных сценариев рассчитана динамика составляющих водного баланса бассейна р. Лены до 2065 г. Показано, что при реализации любого из четырех климатических сценариев к середине XXI в. увеличиваются осадки и суммарное испарение в среднем по бассейну, при этом речной сток уменьшается незначительно. Следует отметить, что количественные различия между полученными результатами по четырем использованным климатическим сценариям относительно невелики.

Построены картосхемы пространственного распределения составляющих водного баланса по бассейну р. Лены для современного (базового) периода (1967-1990 гг.), а также их изменений по одному из климатических SRES сценариев (B1) для прогностического периода (2039-2065 гг.). Картосхемы отражают специфику изменений составляющих водного баланса в разных частях бассейна р. Лены.

Показано, что на распределение изменений составляющих водного баланса по территории рассматриваемого бассейна значительное влияние оказывает Центральноазиат-

ский антициклон с двумя максимумами атмосферного давления. Один из них – Сибирский, расположен над территорией бассейна р. Алдан (восточная часть бассейна р. Лены); зимой он фактически «не пускает» осадки в данный район, что приводит к их несущественному увеличению (в годовом разрезе).

1.1.4. Раздел «Прогноз изменения интенсивности внутриводоемных процессов в зависимости от природных и техногенных факторов»

Разработан в трехмерной постановке термогидродинамический программный комплекс для изучения динамики течения и процессов массопереноса в водных объектах. В качестве его основы используется нестационарная система уравнений гидродинамики и массопереноса в криволинейной системе координат. В уравнениях массопереноса в качестве искомых скалярных функций рассчитывается температура и содержание растворенного кислорода в воде под влиянием изменения скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха, солнечной радиации, состояния атмосферы, фотосинтеза, аэрации, биохимического окисления, скорости потребления кислорода донными отложениями. Гидродинамические характеристики потока рассчитываются с учетом морфологии русла, изменения уровня свободной поверхности. Модельный комплекс разработан в двух вариантах:

- в виде единой программы по автоматическому расчету системы уравнений динамики и массопереноса с изменяющимися во времени параметрами;
- с управляющей программой, регулирующей последовательность расчета векторных и скалярных искомых функций с возможностью дополнительных итераций.

Оценено влияние климатических факторов на гидрохимические показатели Нижней Волги. Рассмотрена роль маловодных и многоводных периодов в формировании концентраций приоритетных загрязняющих веществ (ЗВ). В многоводные годы концентрации ЗВ существенно превышают их значения по сравнению с маловодными, в частности: для Zn – в 1,7 раз; Cu – в 1,3; фенолов – в 1,4; нефтяных углеводородов (НУ) – в 1,1 раза. Различия в потоках ЗВ существенно выше: Zn – в 2,3 раза; Cu – в 1,8; фенолов – в 2,1; НУ в 1,6 раза.

Полученные различия в концентрациях и потоках ЗВ, классах качества вод, величинах превышений ПДК для многоводных и маловодных лет, их зависимости от обеспеченности объема стока дают представление о тенденциях в развитии процессов загрязнения водных масс при изменении климатических факторов.

Анализ имеющихся к настоящему времени данных по концентрациям некоторых приоритетных для Волги загрязняющих веществ (медь, цинк, нефтяные углеводороды) указывает на зависимость этих показателей от водности года, которая определяется климатическими факторами. Вместе с тем, пока не удастся достоверно определить конкретные ан-

тропогенные факторы, ответственные за формирование качества воды на отдельных участках Нижней Волги. Отмечаемый рост величин концентраций к вершине дельты, их заметные межгодовые колебания в этом створе пока не нашли однозначного объяснения.

Обобщены результаты отечественных и зарубежных исследований гидрологической и гидрохимической структуры вод Каспийского моря в период максимального подъема его уровня (1994–1996 гг.), полученные по материалам комплексных международных экспедиций, проведенных под эгидой Международного агентства по атомной энергии.

Проведен анализ закономерностей пространственно-временного распределения изотопного и химического состава вод Каспийского моря в период максимального подъема его уровня; изучены изменения гидрологического и гидрохимического режимов залива Кара-Богаз-Гол в рамках совместимости их с различными концепциями повышения уровня моря. Как известно, существует противостояние двух концепций, объясняющих причины колебаний уровня Каспия – геологической и климатической.

Результаты исследований показали, что распределение природных изотопных индикаторов в воде Каспийского моря определенно характеризует гидрологическую структуру моря как результат изменения составляющих водного баланса в период повышения его уровня.

Выводы авторов зарубежных публикаций о разгрузке подземных вод как основной причине повышения уровня Каспийского моря, сделанные на основе анализа гидрохимической структуры водных масс Каспийского моря и зал. Кара-Богаз-Гол, представляются недостаточно корректными.

1.1.5. Раздел *«Моделирование трансформации береговых процессов русел рек, протекающих в многолетнемерзлых грунтах, и современных гидролого-морфо-логических процессов в речных дельтах в условиях изменяющегося климата и расширения хозяйственной деятельности»*

В отчётном году исследования включали 2 подраздела.

1. Лабораторное исследование процесса снеготаяния под воздействием конвективной и радиационной составляющей

Лабораторное исследование радиационного снеготаяния проведено посредством воздействия на тающий снег ультрафиолетовых (УФ) и инфракрасных лучей (ИК) различной интенсивности. Эксперименты с применением ИК и УФ ламп на снежный покров позволили выявить разницу воздействия лучей разной длины на снеготаяние при прочих равных условиях (температура окружающей среды, плотность и структура снега, толщина снежного покрова). Под воздействием ИК-лучей альbedo изменяется и достигает нулевого значения быстрее, хотя начальное значение близко к 1, что означает практически полное

отражение в начале таяния. УФ-волны практически сразу проникают вглубь снега, чем и объясняется меньшее отражение с поверхности, но альbedo под воздействием УФ-лучей уменьшается с меньшим коэффициентом. Период максимума таяния для случая с ИК-лампами наступает быстрее.

Полученные результаты исследования одной из составляющих единого термогидродинамического процесса (радиационное снеготаяние) являются необходимой частью общего прогноза влияния изменения климата на течение деструктивных криогенных процессов в зоне многолетнемерзлых пород.

2. Типовые схемы гидролого-морфологических процессов в речных дельтах в XXI веке в зависимости от изменений природных факторов при разных вариантах хозяйственного освоения дельт и их природных ресурсов

Определены основные гидролого-морфологические процессы в речных дельтах. Выявлено, что со второй половины XX века начали проявляться значительные изменения строения, гидрологического режима и ландшафта речных дельт. Основные причины таких изменений – естественное и антропогенное уменьшение стока воды и наносов рек; усиление морского воздействия (эвстатического повышения среднего уровня моря, усугубленного в устьях многих рек просадкой грунта; активизации циклонической деятельности и сопутствующих штормовых нагонов и волнениях). Речные дельты стали одними из наиболее изменчивых и уязвимых географических объектов. При этом изменения дельт выполнения морских заливов, лиманов, лагун, эстуариев и дельт выдвижения на открытом морском побережье происходили по-разному. В результате анализа морфометрии речных дельт выявлены их общие черты и существенные различия, а также предложены приближенные эмпирические геометрические модели типовых дельт выполнения и выдвижения и их развития.

Результаты исследований позволили сформулировать следующие выводы.

1. В последние десятилетия динамика дельт сильно изменилась в результате ослабления воздействия речных и усиления морских факторов. Выдвижение в моря большинства дельт замедлилось, а у ряда дельт прекратилось или сменилось отступанием и деградацией. Изменения определяющих факторов и строения и режима самих дельт в XXI в. будут продолжаться и усиливаться.

2. Изменение климата играет большую роль в формировании дельт в зоне многолетнемерзлых пород. Показано, что последствия таяния мерзлых грунтов может представлять большую опасность для местной инфраструктуры и хозяйства в дельтах рек.

1.1.6. Раздел «Теоретические исследования, численное и лабораторное моделирование гидродинамики водных объектов. Развитие методов математической физики гидросферы»

Исследования по разделу включали 3 основных этапа.

Этап 1. Количественные оценки влияния ветра на растекания нефтяных пятен по поверхности моря

С динамикой течений напрямую связаны процессы переноса нефтяных пятен, дивергентные и конвергентные области поля течений определяют поведение формы пятна при его движении. Наблюдения показывают, что под действием ветра пятно нефти вытягивается в виде эллипса по ветру, одиноко причина этого явления была не ясна. В результате проведенных исследований выяснена физика трансформации первоначально круглого нефтяного пятна в эллипс под действием ветра. Оказалось, что это явление связано с выглаживанием поверхности воды и ускорением потока ветра над нефтяным пятном. Ветер играет в эволюции пятна нефти двойную роль – с одной стороны он увеличивает скорость движения пятна, с другой – из-за выветривания нефти (испарение под действием ветра) уменьшает радиус разлива. Для решения данной задачи был использован метод контурной динамики (МКД) в двухслойной жидкости, который позволил отследить изменение контура нефтяного пятна при различных скоростях и завихренности ветра и морских течений. Установлено, что первоначально круглое нефтяное пятно начинает деформироваться в эллипс под действием пространственной неравномерности ветра и течений, а в случае равномерного безвихревого ветра пятно вытягивается в эллипс из-за ускорения ветра над ним.

Время существования нефтяного пятна нелинейно зависит от скорости ветра и объема первоначального разлива. Результаты численного моделирования показали, что при изменении скорости ветра от 2,5 до 25 м/с время существования пятна уменьшается в 16 раз, а при изменении от 10 до 25 м/с – только в 3 раза. В целом время существования пятна примерно пропорционально корню квадратному из объема разлива нефти.

Пятно нефти, растекаясь по поверхности моря и приобретая эллиптическую форму, по мере своего увеличения начинает вращаться по часовой стрелке (антициклонически) как твердое тело вследствие сохранения потенциальной завихренности. В дальнейшем, этот эллиптический антициклонический вихрь эволюционирует как вихрь Кирхгофа, который в соответствии с теоремой Лава при соотношении полуосей > 3 теряет устойчивость. Потеря устойчивости эллиптического пятна нефти приводит к «выбросу» вихрем двух «хвостов». Именно такие хвосты наблюдались при растекании пятна нефти в Мексиканском заливе при катастрофическом разливе в апреле 2010 года. Этот эффект удалось рассчитать с помощью метода контурной динамики (МКД) в двухслойной жидкости.

Этап 2. Обобщение диаграммы Хоулта для режимов растекания пятен с учетом процесса выветривания нефти

В процессе растекания по поверхности моря нефть подвергается действию процессов испарения, растворения, окисления, диспергирования и еще ряда других процессов. Большие потери массы (около 50% за первые сутки) происходят за счет испарения. Особенно процесс испарения нефти становится интенсивным при больших скоростях ветра.

Предложена аналитическая параметризация количества испарившейся нефти за счет выветривания от первоначального объема разлива для различных скоростей ветра. С учетом этой зависимости была усовершенствована диаграмма Хоулта для расчета фаз растекания нефти, которая была переформирована в номограмму расчета изменения объема нефти при различных скоростях ветра. В результате для определения действия каждой фазы растекания нефти данного объема надо двигаться по номограмме не по горизонтальной линии, соответствующей объему разлившейся нефти, а по кривой изменения во времени данного первоначального объема разлившейся нефти и скорости ветра.

Показано, что время растекания пятна под действием ветра сокращается на 15–25 часов, что в среднем составляет 23% от времени распространения пятна без учета выветривания. Кроме того, с учетом выветривания возникает четвертая фаза, отсутствующая в диаграмме Хоулта, – фаза прекращения существования пятна.

Этап 3. Полный анализ регулярных и хаотических движений первоначально осесимметричной вихревой структуры из трех и четырех хетонов

В отчетном году исследования были направлены на решение более обобщенной задачи – изучение регулярных движений первоначально осесимметричной вихревой структуры из N хетонов ($N \leq 7$). Как известно, хетон представляет собой структуру с нулевой суммарной интенсивностью, состоящую из двух вихрей, принадлежащих различным слоям двухслойной жидкости и имеющих равные по абсолютной величине, но противоположные по знаку, интенсивности. Предполагается, что первоначально N вихрей каждого из слоев равномерно распределено вдоль окружностей разных радиусов. Получено новое семейство стационарных периодических движений: N вихрей одного из слоев, первоначально расположенных на окружности меньшего радиуса, периодически (с периодом T) движутся вдоль общей замкнутой N -симметричной траектории (так называемой хореографии), в то время как N вихрей второго слоя также периодически движутся по индивидуальным замкнутым траекториям с периодом t (при этом $T/t = N$). Исследование устойчивости этих стационарных состояний является задачей будущего.

1.1.7. Раздел «Локальное и региональное взаимодействие вод суши с атмосферой при изменении климата»

Выполнены исследования по моделированию многолетних колебаний осадков, испарения и речного стока для основных рек бассейна р. Волги. В качестве моделей многолетних колебаний осадков и испарения использованы процессы авторегрессии 1-го порядка, сток с водосборов моделируется компонентой трехмерного марковского процесса. Получены соответствующие модели для рассматриваемых рек бассейна р. Волги как основного источника поступления речных вод в Каспийское море.

Обновлена и расширена имеющаяся база данных гидрометеорологических характеристик (температуре воздуха, осадкам) по территории бывшего СССР, сопредельных государств и Европы. Анализ динамики гидрометеорологических характеристик на территории Европейской части России (ЕЧР) осуществлялся на основе этой базы данных посредством преобразования ее в архив сеточных данных. Созданный архив данных содержит информацию о температуре воздуха и атмосферным осадкам месячной дискретности для территории ЕЧР за период наблюдений с 1946 по 2013 гг.

В результате исследований выявлены связи изменений климата в Арктике с процессами глобального характера, которые в данном случае могут быть описаны индексами атмосферной и океанической циркуляции: Североатлантическое колебание (САК), Атлантическая мультидекадная осцилляция (АМО), Атлантическая термохалинная циркуляция (АТХЦ). Показано, что в тенденциях изменения ледовитости Северного Ледовитого океана с индексами АТХЦ и результирующего потока тепла между океаном и атмосферой наблюдается согласованность. Для характеристики интенсивности взаимодействия Северной Атлантики с атмосферой предложено использовать новый индекс NAAI (North Atlantic Air Interaction Index), который рассчитывается по данным измерения атмосферного давления в Рейкьявике и Лиссабоне и данным о температуре поверхностного слоя воды Северной Атлантики.

1.2. Тема «Развитие методов оценки ресурсов и режима поверхностных и подземных вод, прогноза водообеспеченности регионов России при вероятных сценариях изменений климата и развития экономики»

1.2.1. Раздел «Развитие методов оценки ресурсов поверхностных вод, их режима и прогноза водообеспеченности при различных сценариях изменения климата и экономики (на примере бассейна р. Волги)»

Исследования по разделу включали 6 основных подразделов.

1. Методика учета изменений характеристик общей циркуляции атмосферы при прогнозировании стока р. Волги

Для разработки методики учета изменений характеристик общей циркуляции атмосферы при прогнозировании стока р. Волги была произведена оценка влияния изменения индекса NAO (Североатлантического колебания) и АО (Арктического колебания) на сток рек в различных частях бассейна Волги. К настоящему моменту доказано, что основное значение NAO для климата Евразии определяется усилением западно-восточного переноса при положительной фазе колебания (углублении исландского минимума). АО также определяет интенсивность зональной циркуляции в тропосфере.

Использовались данные месячных значений NAO и АО с 1950 г. по настоящее время, имеющиеся в свободном доступе в базе данных NOAA, и рядов наблюдений за меженным и половодным стоком на гидропостах рек Волжского бассейна, а также рядов значений величины боковой приточности к водохранилищам Волжско-Камского каскада. Рассчитывались коэффициенты корреляции между рядами значений месячных, сезонных, летних и зимних величин NAO и АО за текущий и предыдущий годы и рядами зимнего и летнего меженного и минимального, половодного стока, а также рядами значений летней и зимней боковой приточности. Выявлено, что наиболее сильная корреляция наблюдается между зимним меженным (с декабря по февраль) и зимним минимальным 30-дневным стоком и зимними индексами NAO одного и того же года, при этом корреляционная связь наиболее сильна в западной части бассейна. Эта связь должна учитываться при построении прогнозов зимнего стока. Корреляция между значениями стока за летний период и значениями NAO и АО не обнаружена.

2. Оценка изменений статистических характеристик годового и сезонного стока р. Волги за многолетний период с привлечением новейших данных наблюдений

Пополнена имеющаяся база данных по годовому и сезонному стоку рек бассейна р. Волги соответствующими данными наблюдений за 2011-2013 гг.

Проведен комплексный статистический анализ минимального стока для 120 рядов бассейна р. Волги. Обнаружено, что в последние несколько лет на реках бассейна Нижней Волги и Камы, а также на большинстве рек бассейна Верхней Волги, в результате затяжного маловодья наметилась тенденция к снижению минимальных расходов в зимний период. Говорить о сменившемся тренде в колебаниях минимального стока или о начале нового условно стационарного периода преждевременно, однако наблюдаемые значения отразились на величине среднего многолетнего минимального стока за период наблюдений после 1978 г. Так, средний многолетний минимальный сток уменьшился в бассейне Верхней и Нижней Волги на 10-11%, в бассейне р. Камы – на 5%. Полученные значения находятся в пределах ошибки расчета среднего и не могут служить основанием для выводов о смене

гидрологического режима, однако должны приниматься во внимание при анализе многолетних колебаний минимального стока. Анализ продленных рядов годового стока не показал существенных изменений в его структуре.

3. Развитие принятого метода деления на сезоны в связи с климатическими изменениями в исследуемом регионе

Произошедшие климатические изменения, в частности, повышению приземной температуры воздуха, отразились на изменении гидрологического режима на ряде средних рек в бассейне р. Волги. Проанализированы ряды дат начала 30-ти дневного периода минимального стока для трех частей бассейна – Верхней, Нижней Волги и бассейна р. Камы. Результаты расчетов показали, что говорить об однонаправленном смещении даты начала периода минимального стока нельзя. Во всех исследуемых регионах на половине исследуемых рек период минимального стока стал наступать раньше, на половине – позже в среднем на 7-9 суток. Пространственный анализ полученных результатов позволяет выделить несколько областей однонаправленных изменений в сроках наступления периода минимального стока. Так, в верховьях р. Волги отмечено более раннее наступление указанного периода, для большей части бассейна р. Камы и Нижней Волги характерно более позднее наступление периодов минимального стока. Для дальнейшего исследования требуется привлечения данных со всей территории ЕТР.

4. Исследование гидрологического режима водотоков Волги-Ахтубинской поймы с помощью одномерной гидродинамической модели

С помощью разработанной ранее авторами гидродинамической модели бассейна Нижней Волги исследована возможность дополнительной подачи воды в старое русло Ахтубы непосредственно из Волгоградского водохранилища для улучшения экологического состояния Волго-Ахтубинской поймы. Возможные режимы водоподдачи изучались на примере маловодного 2006 года; подача воды в старое русло Ахтубы реализовывалась в модели на спаде волны половодья. Рассматривалась эффективность нескольких вариантов подачи воды в старый исток р. Ахтубы. Для предотвращения слива воды из Ахтубы в Волгу в структуре модели был создан дополнительный узел, моделирующий работу шлюза-регулятора (вододелителя) расположенного в Волго-Ахтубинском канале.

Исследование различных вариантов схем и объемов водоподдачи в исток р. Ахтубы с помощью предлагаемой моделирующей системы показало, что эта идея реализуема, но необходимы дополнительные регулирующие сооружения, обеспечивающие удовлетворение требований к водообмену водоемов и водотоков Волго-Ахтубинской поймы.

5. Научное обоснование Концепции развития водохозяйственной системы региона Нижней Волги

На основе анализа водохозяйственной ситуации на территории Западных подступных ильменей (ЗПИ) показано, что водохозяйственная проблем ЗПИ должна рассматриваться как проблема накопленного экологического ущерба, ликвидация которого требует времени и средств, и решаться согласованно с программами реорганизации хозяйственной деятельности и модернизации инфраструктуры, при ведущей роли экологических приоритетов.

Для обоснования системы мероприятий и выбора оптимальных режимов обводнения территории ЗПИ разработан комплекс гидродинамических моделей, учитывающих современные природные и антропогенные условия развития региона. Результаты моделирования позволяют выполнить оценку эффективности планируемых сценариев его развития, оценить отдельные мероприятия и выработать рекомендации по рассматриваемым районам.

Рассмотрено современное состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения в регионе. Выявлено, что ситуация с обеспеченностью населения питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, улучшается очень медленно. Приведена динамика основных показателей орошаемого земледелия. Показано увеличение применения ресурсосберегающих технологий орошения (в т.ч. капельного метода), приведшее к сокращению водопотребления и росту урожая.

Проведен анализ работы рыбохозяйственного и воднотранспортного комплексов и выявлены проблемы судоходства на Нижней Волге. Планируемый рост добычи углеводородного сырья в северной части Каспийского моря, освоение транзитных грузопотоков МТК «Север-Юг» приведет к значительному росту судоходства на Волго-Каспийском канале, что потребует его новой реконструкции. Рассмотрены вопросы инженерной защиты от негативного воздействия вод. Наиболее масштабный характер процесс подтопления приобрел на территории г. Астрахань, что связано с естественными процессами и антропогенными факторами.

Выполнен анализ и оценка эффективности и достаточности существующих региональных программ, концепций и стратегий в части мероприятий в области рационального использования и охраны водных ресурсов, сохранения биоразнообразия: стратегий социально-экономического развития Астраханской области до 2020 г. и Волгоградской области до 2025 г.; государственных программ «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и перспективу до 2020 года»; программ «Развитие водохозяйственного комплекса Астраханской области в 2012-2020 годах» и «Использование и охрана водных объектов, предотвращение негативного воздействия вод на территории Волгоградской области на

2014-2020 годы»; программ «Чистая вода» Астраханской области на 2010–2014 годы и перспективу до 2017 года и «Чистая вода» на 2009–2020 годы (в ред. постановления Правительства Волгоградской обл. от 09.10.2012 № 411-п). Сформулированы предложения по повышению эффективности их реализации.

6. Характеристика ледовых процессов в низовьях р. Волги и северной части Каспийского моря

Исследования, выполненные на Северном Каспии в ледовый период 2014/2015 гг. подтвердили ранее высказанные предположения об угнетающем влиянии ледовых процессов на условия формирования и развития биоценозов.

Установлено, что возникновение мелкомасштабных зон гипоксии на мелководье в зимний период, в местах интенсивного торосообразования и скопления стамух, явление весьма распространенное. Оно приводит к резкому сокращению видового состава и общей биомассы фитопланктона в заморных зонах, а в некоторых случаях и к полному его исчезновению. Поскольку ледовому выпаживанию (взаимодействию дрейфующих льдов с морским дном) подвержены мелководные участки морского дна более чем на 50% площади Северного Каспия, можно утверждать, что эти процессы имеют массовый (хотя и сезонный) характер, и потому играют важную роль в экологии данного водоема. Наряду с чисто механическим перемещением огромных масс донного грунта происходит угнетение донной, островной и прибрежной растительности и организмов. В период весеннего разрушения ледяной покров может играть и положительную роль, очищая устьевое взморье Волги, Урала и прибрежные мелководья от отмершей прошлогодней растительности, снижая тем самым вероятность возникновения здесь заморных явлений в теплый период.

Выполнен сравнительный анализ альгоценозов западной и восточной частей Северного Каспия в ледовых условиях 2014-2015 гг. Материалом для исследований послужили пробы, отобранные в указанный период с помощью вертолета МИ-8 в районе Уральской бороздины и в северо-западном районе Северного Каспия в поверхностном слое воды. Установлено, что количественные показатели развития подледного фитопланктона и его видовой состав в феврале 2014 г. в 2-10 раз уступают таковым в январе 2015 г. Показано, что основными факторами, влияющими на состояние фитоценозов в зимний период, являются особенности циркуляции водных масс и толщина ледового покрова Северного Каспия.

1.2.2. Раздел *«Оценка перспектив использования ресурсного потенциала пресных подземных вод с целью повышения водообеспеченности различных регионов страны»*

В отчётном году исследования выполнялись по 4-м подразделам.

1. Обоснование экологической и экономической целесообразности искусственного восполнения подземных вод регионов полупустынной зоны России

Определены основные факторы оценки экономической целесообразности применения искусственного восполнения подземных вод (ИВПВ). Экономический анализ при проектировании ИВПВ осуществляется путем сравнения стоимости применения данного метода с использованием других вариантов водоснабжения и проведения анализа стоимости отдельных элементов системы ИВПВ. Важным аспектом экономического обоснования использования систем ИВПВ является анализ стоимости предварительной водоподготовки, включая стоимость вывоза осадка при применении метода коагуляции на полигоны твердых бытовых отходов и др.

Анализ работы существующих зарубежных систем ИВПВ показывает, что даже при варианте искусственного восполнения с довольно сложной водоподготовкой, включающей микрофильтрацию и аэрацию, удельные приведенные затраты могут быть в среднем на 5-15% меньше, чем при использовании поверхностных вод с их полной очисткой. Использование метода ИВПВ с предварительной аэрацией и последующим хлорированием воды, подаваемой потребителю, дешевле использования поверхностных вод с их полной очисткой на 37-48%. При оценке экономической эффективности систем ИВПВ по сравнению с другими вариантами водоснабжения также необходимо учитывать коэффициент полезного действия систем ИВПВ. Системы ИВПВ закрытого типа (напорной инфильтрации) менее производительны, чем системы ИВПВ самотечной фильтрации.

Проведено экологическое обоснование применения искусственного восполнения с учетом природоохранного законодательства Российской Федерации и анализа мирового опыта. Зарубежный опыт применения ИВПВ показывает, что данный метод является действенным способом, предотвращающим истощение подземных вод. При этом подчеркивается приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов, комплексов и биоразнообразия. Показано, что для минимизации экономического и экологического ущерба, а также обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности населения искусственное восполнение подземных вод применяется независимо от его стоимости, как единственный способ предотвращения негативного влияния водоотбора подземных вод на окружающую среду.

2. Анализ пространственно-временных закономерностей гидрометеорологических характеристик, определяющих изменения климатически обусловленного питания пресных подземных вод на территории России

Выполнено обоснование нового комплексного подхода к изучению влияния колебаний климата на подземные воды, основанного на использовании ансамбля оценок климатических воздействий, в их числе: питание подземных вод, их климатическая чувствительность,

адаптационный потенциал, время полного возобновления, итоговая интегральная оценка климатической уязвимости.

Проведена работа по статистическому описанию многолетних изменений гидрометеорологических характеристик, формирующих естественное питание подземных вод четырех гидрогеологических мегарегионов (провинций) – северо-восточная часть Балтийского щита (Карело-Кольская провинция); северная часть Русской плиты, охватывающая два артезианских бассейна – Северо-Двинский и Печорский; северная часть Тиманского кряжа и северная часть Уральской горноскладчатой области. Указанные части гидрогеологических регионов примерно соответствуют приполярной зоне России с границами 65-70° с.ш., 30-60° в.д. Широтные границы рассматриваемой зоны соответствуют среднемноголетней зоне субполярного минимума атмосферного давления в Северном полушарии, а меридиональные – последним теоретическим и экспедиционным данным о границах зоны, на климат внутри которой существенно влияют североатлантические воздушные и водные массы.

Рассчитаны статистики многолетних изменений климатических переменных, определяющих питание подземных вод, по которым имеются однородные и репрезентативные ряды наблюдений: температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков.

Анализ межгодовых приращений температуры приземного воздуха в исследуемом регионе за период 1936 – 2014 гг. свидетельствует о стационарности их многолетнего хода; неизменными остаются не только средние значения, но и дисперсия. Это означает, что многолетние изменения температуры приземного воздуха представляют собой винеровский процесс 1-го порядка с дискретным временем. Оптимальной стохастической моделью для описания имеющихся к настоящему времени данных о многолетних изменениях сезонных и среднегодовых значений температуры приземного воздуха является стохастическая модель авторегрессии 1-го порядка с параметром регрессии от 0,3 до 0,4.

Усредненные по территории данные о многолетних изменениях годовых и сезонных сумм атмосферных осадков в рассматриваемом интервале не характеризуются статистически значимыми трендами 1-го и 2-го порядков на уровне значимости 99 и 95%. Для описания их многолетнего хода статистически предпочтительно использование модели случайного процесса со среднемесячной дисперсией ~ 10.0 (мм/мес.)²

3. Разработка критериев допустимого отбора подземных вод трансграничных территорий без ущерба для сопредельных государств

Для определения пределов допустимого отбора подземных вод каждой из пограничных стран необходимо:

- оценить естественных ресурсов водоносного горизонта, эксплуатируемого сопредельными

ми государствами;

- определить величину максимального отбора подземных вод каждой из стран в настоящий момент и на будущую перспективу;

- оценить максимально возможное понижение уровня подземных вод при совместной эксплуатации и определение размера воронки депрессии при эксплуатации подземных вод.

Основными источниками возможного трансграничного воздействия на подземные воды может являться крупный водоотбор из глубоких водоносных горизонтов, эксплуатируемых совместно сопредельными государствами (например, эксплуатация трансграничного водоносного горизонта на участке Белгород-Харьков, а также Сланцевская депрессия на границе Ленинградской области и Эстонии). В этом случае основным критерием безопасного для сопредельного государства отбора подземных вод является оценка зоны влияния водозаборов при заданном постоянном дебите.

Еще одним значимым критерием, который необходимо учитывать при водоотборе, в том числе и трансграничном, является возможность поступления загрязняющих веществ к водозаборному сооружению одной стороны при наличии подземного захоронения токсичных отходов на территории другой стороны. В этом случае необходимо оценить время возможного попадания загрязняющих веществ в водозаборное сооружение с учетом изменяющихся по пласту гидрогеологических условий, что также успешно решается с помощью моделирования геомиграционных процессов.

4. Установление граничных условий III рода на внешних границах моделей – врезок

Используемые в настоящее время различные пакеты программного обеспечения моделирования процессов геофильтрации предлагают задание по внешним границам врезок условий 1 и 2 рода. Условиями 1 рода по внешним границам задаются постоянные величины абсолютных отметок уровней или понижений подземных вод. Соответственно, если целью моделирования является оценка запасов на ограниченный участок недр, запасы подземных вод для данного объекта рассчитываются некорректно.

Условиями 2 рода по внешним границам задаются расходы потоков подземных вод, что также некорректно, поскольку этот расход невозможно измерить в рамках гидрогеологических исследований, его величина рассчитывается приближенно.

Разработанная в отчетном году методика задания граничных условий 3 рода лишена этих недостатков. По внешним границам задаются уровни подземных вод, соответствующие уровням на региональной модели для данного участка, а в качестве условий взаимодействия модели-врезки с региональной моделью в граничных узловых точках – параметры водопроводимости. В такой постановке расходы потоков рассчитываются автоматически в

процессе моделирования при решении уравнения геофильтрации. Методика также позволяет изменять дискретизацию моделируемой области не только в плане, но и в разрезе, что может обеспечить адекватное отображение условий гидродинамики процесса.

1.2.3. Раздел *«Развитие методов оценки региональных изменений режима и ресурсов поверхностных и подземных вод при возможных изменениях климата и пространственно-временных особенностей формирования гидрохимического режима подземных вод в изменяющихся гидрогеологических условиях»*

В отчётном году исследования выполнялись по 3-м подразделам.

1. Современная динамика режима и ресурсов подземных вод, их роль в стоке рек ЕЧР при изменяющихся климатических условиях

Происходящие изменения климата уже привели в ряде крупных регионов к существенным изменениям водного режима и улучшению условий формирования стока и водных ресурсов на территории ЕЧР, повлияли на сезонный сток рек и их режим, особенности весеннего половодья, величину меженного стока.

В начале XXI века модули меженного (подземного) стока и, соответственно, естественные ресурсы подземных вод выросли в среднем на 40–60% по сравнению с величинами до 70-х годов. Максимальное изменение меженного стока характерно для лесостепной зоны, что связано не столько с увеличением снегозапасов, сколько с особенностями снижения весеннего стока и перевода его в подземный.

Рост меженного стока связан, прежде всего, с увеличением температуры воздуха в холодный период года, что привело к увеличению числа и продолжительности оттепелей и сокращению длительности зимнего сезона. Уменьшение сумм отрицательных температур воздуха изменяет условия питания подземных вод, т.к. это приводит к уменьшению глубины промерзания пород зоны аэрации в зимний сезон. Эти процессы вызывают не только увеличение инфильтрации талого стока, но и сокращение склонового стока, а также повышение суммарной величины подземного стока.

Средний годовой меженный сток, а также сток зимней и летней межени имеют положительные значимые тренды (при уровне значимости 95%) в бассейнах Верхней и Средней Волги и Оки (южная часть лесной и лесостепной зон), большей части бассейна Урала. В связи с этим наибольший рост ресурсов подземных вод в последние десятилетия (70 % и более) характерны для верховьев рек Ока и Урал. Для бассейна Волги (за исключением Камы) увеличение ресурсов составляет 45–70 %. Примерно такая же величина характерна для изменения меженного стока верховьев Дона. Вместе с тем, на севере ЕЧР, а также южнее Цимлянского водохранилища отмечается либо незначительное уменьшение среднего ме-

женного стока, либо столь же статистически незначимое увеличение.

Естественные минимальные месячные ресурсы подземных вод изменяются по ЕЧР не столь резко и в среднем составляют 1–2 л/с км². Максимальные модули месячного стока (до 2–3 л/с км²) характерны для Северного края. В низовьях Дона и Волги значения минимального модуля естественных ресурсов уменьшаются до 1 л/с км². Такое закономерное широтное распределение значений стока связано с распределением основных факторов его формирования. Изменения меженного стока характерны для обширных территорий. При этом масштабы и степень этих изменений не имеют аналогов в XX веке. Рост меженного стока обусловил некоторое увеличение гарантированных водных ресурсов.

Издан «Атлас изменений возобновляемых водных ресурсов Европейской части России».

2. Разработка математической модели миграции загрязняющих веществ в зоне аэрации и грунтовых водах

Разработана численная реализация уравнений насыщенно-ненасыщенной фильтрации в грунтах (уравнений Ричардса), обладающая хорошими аппроксимационными качествами и абсолютной устойчивостью при любых значениях физических параметров. Кроме того, для задачи о фильтрации грунтовых вод со свободной поверхностью предложен вариационный принцип. Построено его обобщение для моделей течений, допускающих присутствие частично насыщенных зон в среде.

Численная фильтрационная задача использована для моделирования массопереноса пассивной примеси с учетом диффузии (дисперсии). В качестве примера рассматривалась задача о продвижении загрязнений от примыкающего к дневной поверхности небольшого участка загрязненного грунта вглубь области течения. Методами численного моделирования исследовалось распространение примеси при различных режимах внешнего воздействия. На распространение загрязняющей примеси в рассматриваемой задаче могут оказывать существенное влияние многие факторы, например, адсорбция примесей на частицах грунта.

Проведенные расчеты позволяют определить время достижения загрязнителем уровня грунтовых вод и оценить защитную роль зоны аэрации при поверхностном загрязнении грунтовых вод.

3. Особенности изменения гидрогеохимических показателей при водоотборе подземных вод в эксплуатируемых водоносных системах

Исследования выполнялись по многолетним данным наблюдений в Московском регионе (1987-2014 гг.). Основными задачами исследований являлись: региональная оценка

состояния подземных вод в условиях антропогенного воздействия и оценка состояния водовмещающей среды при различных антропогенных факторах (водоотбор, подтопление).

Оценена степень трансформации гидрогеохимических условий в зоне гипергенеза по площади, глубине и во времени. Показано, что в безнапорных водоносных горизонтах сформировались устойчивые гидрогеохимические аномалии, в которых отмечается увеличение концентраций не только макро-, но и микрокомпонентов (Mn, Pb, Cu, Ni и др.). Сложное формирование техногенных полей обусловлено взаимодействием природных и антропогенных факторов.

По характеру выявленных трансформаций в подземной гидросфере образуются весьма неустойчивые системы с широким диапазоном изменения концентраций макро- и микрокомпонентов, окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных показателей.

Значительное внимание уделено изучению процессов выщелачивания в подземной гидросфере. Численные расчеты установили усиление агрессивных свойств подземных вод в зоне активного водообмена.

1.3. Тема «Разработка научных основ теории формирования качества вод суши, методов исследования динамики водных и наземных экосистем; совершенствование комплексного мониторинга водных объектов»

1.3.1. Раздел *«Исследование формирования качества поверхностных вод на юге России в целях совершенствования комплексного экологического мониторинга»*

Исследования по разделу включали 4 этапа.

Этап 1. Оценка роли малочисленных популяций в информативности индекса Шеннона применительно к фитопланктонному сообществу

Одним из наиболее распространенных показателей состояния экосистемы является видовое разнообразие, для характеристики которого чаще всего используют индекс Шеннона. Снижение видового разнообразия любого сообщества водных организмов свидетельствует о неустойчивости экосистемы и происходящих в водном объекте негативных процессах. В каждой пробе фитопланктона наряду с живыми организмами, присутствует значительное количество мертвых и отмирающих.

Разработан метод, повышающий точность анализа структуры фитопланктона на основе применения индекса Шеннона с параметрическим критерием Стьюдента. Для устранения эффекта зашумления от присутствия мертвых и отмирающих клеток на значение индекса Шеннона предлагается включать в расчет только живые особи, определяемые люминесцентно-микроскопическим методом.

Этап 2. Характеристика экологического состояния Усть-Манычских водохранилищ по биологическим показателям

Для характеристики экологического состояния Усть-Манычских водохранилищ (Пролетарского и Веселовского) по биологическим показателям использованы данные собственных экспедиционных исследований в 2014-2015 гг., а также информация государственного мониторинга Росгидромета за период 2004-2010 гг. по фито-, зоопланктону, перифитону и зообентосу. Биологические экспедиционные исследования включали биоиндикацию состояния фитопланктона и биотестирование токсичности воды водохранилищ.

Биоиндикация. Выявлены пространственно-временные особенности состояния фитопланктона Манычских водохранилищ и тенденции их изменений. К 2015 г. отмечено изменение структуры сообщества, в частности, монодоминантность (по численности и биомассе водорослей), наблюдаемая в структуре фитопланктонного сообщества в период 2004-2010 гг., в современный период выявлена не всегда. Отмечается увеличение роли сине-зеленых водорослей, в том числе видов, способных вырабатывать опасные токсины.

Биотестирование. Токсикологические исследования по биотестированию воды Пролетарского и Веселовского водохранилищ на гидробионтах (дафниях) проведены впервые в 2014-2015 гг. Установлено, что природная вода Пролетарского и Веселовского водохранилищ в отдельные периоды времени проявляет токсическое действие. Наибольшая токсичность воды по числу случаев и степени токсичности обнаружена в летний период, тогда как весной и осенью она была минимальной.

Результаты исследования подводят итог анализа многолетних изменений состояния водохранилищ и восполняют пробел, возникший вследствие прекращения биологических работ в системе государственного мониторинга водохранилищ после 2010 г.

Этап 3. Метод оценки экотоксичности поверхностных вод суши по показателям природного планктона и монокультур тест-объектов

Разработан метод оценки экотоксичности поверхностных вод суши по комплексу биологических методов с использованием автотрофов использование биоиндикации на основе гидробиологического анализа фитопланктона (альгоценозов) и биотестирования (по оценке токсичности вод с использованием монокультур тест-объектов из числа одноклеточных микроводорослей). Новизна метода состоит в том, что впервые данные результатов биоиндикации природного фитопланктона (процентный состав отделов микроводорослей) связаны с данными биотестирования на монокультурах микроводорослей. Оценка токсичности при биотестировании на микроводорослях проводится на основе двух показателей – коэффициента прироста и концентрации хлорофилла *a*.

Этап 4. Метод оценки состояния водной экосистемы по дистанционной спектрометрической информации высокого разрешения в реальном времени

В результате анализа многолетней спектрометрической информации, полученной на водных объектах юга России (более 500 спектров коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) восходящего от воды излучения, измеренных дистанционно), установлена связь их формы с изменениями структуры сообщества фитопланктона. На этой основе усовершенствован метод интерпретации дистанционной спектрометрической информации, позволяющий по траектории изменения формы спектров КСЯ в трехмерном пространстве оценивать структурный состав фитопланктона.

Предложенный метод дает возможность значительно сократить время рекогносцировочного обследования водных объектов при оценке их состояния при решении специальных задач мониторинга Росгидромета в том числе в случае чрезвычайных ситуаций.

1.3.2. Раздел *«Закономерности механизмов миграции и трансформации форм существования тяжелых металлов в незамкнутом биогеохимическом круговороте элементов на техногенно-измененных водосборах и в водных объектах»*

Исследованы особенности депонирования тяжелых металлов и микропластика в водных объектах с разными гидрохимическими характеристиками. Установлено, что в зонах устойчивой седиментации наблюдается повышенная концентрация тяжелых металлов и образование геохимических аномалий. Индикаторами процесса обогащения являются грунты с повышенной концентрацией пелитовых фракций и органические илы. Выявлено негативное влияние микропластика на содержание аммония в донных отложениях, что повышает риск эвтрофирования водоемов.

Изучена барьерная роль высшей водной растительности в предотвращении загрязнения водоемов тяжелыми металлами и биогенными элементами в приложении к городским водным объектам. Выполнено обобщение современных тенденций применения фитотехнологий для охраны вод и мирового опыта по использованию макрофитов для очистки вод от медицинских препаратов и средств личной гигиены.

На водосборной площади Иваньковского водохранилища выявлены участки с повышенной концентрацией тяжелых металлов. Определены факторы возникновения таких аномалий в районе, который относится к фоновому. Их выявление возможно при сравнительном анализе цифровой модели рельефа, карты индекса баланса веществ и морфометрических карт, что существенно сокращает объемы полевых геохимических работ.

Обработка данных полевых экспериментов позволила получить фракционный состав соединений тяжелых металлов при разных условиях их поступления в почву. Сделан вывод о резком возрастании доли подвижных соединений при высоких нагрузках.

1.3.3. Раздел «Оценка влияния органических ксенобиотиков на формирование качества вод; разработка методов исследования динамики водных экосистем, в том числе в экстремальных условиях; совершенствование комплексного мониторинга водных объектов»

В отчётном году исследования выполнялись по 3-м подразделам

1. Применение методов био- и хемоинформатики для оценки качества вод

Создан интегрированный комплекс информационных технологий для компьютерного прогноза биологической активности, включая токсичность, путем объединения действующих программ, а также некоторых баз данных по токсичности и формирования единой управляющей программы.

Разработана методика иммунохимических исследований лекарственного загрязнения водных объектов и показана её эффективность как доступной и эффективной альтернативы хромато-масс-спектрометрическим методам при проведении мониторинга качества вод.

Расчетные методы прогноза биологической активности можно использовать для установления новых качественных или количественных данных о видах этой активности и концентрационных порогах определенных токсических эффектов, и, в целом, для предварительной оценки токсичности химических соединений. Создана программа, позволяющая осуществлять поиск в основных отечественных и зарубежных нормативных документах, а также выход в программу прогноза биологической активности PASS.

Программа применена для анализа международного списка опасных соединений, загрязняющих Балтийское море, подготовленного Международной комиссией по Балтийскому морю (ХЕЛКОМ). Для оценки опасности соединений рассчитаны показатели токсичности для каждого соединения, входящего в список, ранжированные далее по уровню опасности для биоты. Анализ содержания органических соединений в Балтийском море позволил выявить новые токсичные соединения.

Предложенные расчетные методы обладают рядом преимуществ по сравнению с другими, применяемыми в настоящее время, в их числе: низкая стоимость, отсутствие необходимости в специальном оборудовании и помещений, быстрота расчетов.

Усовершенствована программа виртуальной оценки безопасности химических соединений, используемых при питьевой водоподготовке; получено свидетельство о государственной регистрации.

2. Создание научных основ технологической платформы комплексного мониторинга водных объектов

Актуальность проблемы определяется масштабами функционирования и развития

нефтяной индустрии. На водных объектах можно выделить зоны высокого экологического риска, в которых реализация рисков приводит к чрезвычайным экологическим ситуациям или к экологическому бедствию.

Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений, их основную часть составляют углеводороды (УВ) различных химических классов. Присутствуют хлорсодержащие УВ и неорганические компоненты – тяжелые металлы и радионуклиды. Тем не менее, в настоящее время для оценки нефтегенного загрязнения водных объектов используется единственный показатель «содержание нефтепродуктов». При небольших загрязнениях этого показателя достаточно. Однако при экстремальных нефтегенных загрязнениях все компоненты нефти, включая неорганические, играют индивидуальную роль в общей опасности нефтяного разлива.

Изучено комплексное влияние отдельных УВ и компонентов нефти (как токсикантов), «нефтяных» металлов (кобальт, никель, ванадий), радионуклидов (уран и торий), редкоземельных металлов, а также хлорорганических веществ на качество вод. Использованы методы масс-спектрометрии, атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, радиометрии и гамма-спектроскопии. Выделены 10 наиболее токсичных УВ.

В результате исследований разработаны научно-методические основы создания системы раннего обнаружения и мониторинга аварийных разливов нефти.

Подготовлено методическое пособие по научным принципам технологической платформы комплексного мониторинга водных объектов, как совокупности различных технологий, включающих в себя аппаратуру и методы мониторинга водных объектов с целью оценки и прогнозирования их состояния окружающей среды.

В методическом пособии представлены основные научные принципы разработки современных комплексных систем мониторинга водных объектов, обобщены сведения о существующих технологиях мониторинга. В перечень перспективных технологий вошли автоматизированные системы мониторинга, методы дистанционного наблюдения, биологическое детектирование качества вод, информационные технологии.

3. Разработка программ исследования лекарственного загрязнения водных объектов с использованием иммунохимических методов с целью определения и идентификации органических ксенобиотиков – лекарственных веществ в природных водах

Создана методика составления программы исследования лекарственного загрязнения водных объектов и выбора оптимальных схем анализа для проведения периодического контроля, включая иммунохимические методы. Программа включает все этапы аналитиче-

ских исследований. Для каждого из обнаруженных лекарственных веществ и метаболитов оценивается токсичность с использованием информационных технологий (программа PASS). Далее составляется список приоритетных по опасности лекарственных веществ и метаболитов, по которым необходимо проводить регулярные измерения.

1.3.4. Раздел «*Взаимосвязь гидрохимических, гидробиологических и микробиологических процессов при формировании качества вод*»

В отчётном году исследования выполнялись по 3-м подразделам.

1. Описание особенностей взаимосвязи циклов Fe, Mn и S в пресноводных отложениях

Систематизирован, проанализирован и обобщен материал по формам нахождения соединений серы в донных отложениях озёр и морей, их трансформации и роли Fe и Mn в этих процессах. Результаты анализа позволили сформулировать следующие выводы:

- в пресноводных отложениях преобладают органические соединения серы, тогда как основной формой серы в морских отложениях является пирит (FeS_2);
- в морских отложениях существует значимая связь между содержаниями пирита и органического вещества, в пресноводных отложениях такая связь отсутствует;
- различие (примерно на 2 порядка) в концентрациях сульфатов в воде и поровом растворе морских и пресноводных отложений обуславливает разное содержание и особенности продуцирования сульфидов, образующихся в ходе сульфат-редукции;
- зона наиболее активной сульфат-редукции в пресноводных отложениях расположена в верхних 10 см, в морских отложениях может распространяться на глубину в несколько метров;
- метаногенез (доминирующий путь конечного углеродного метаболизма в пресноводных отложениях) замещается сульфат-редукцией с образованием H_2S в морских отложениях;
- в пресноводных отложениях редукция SO_4^{2-} происходит синхронно с редукцией FeOОН, в морских отложениях такой синхронности нет.

2. Обобщенные данные о составе зоопланктона в различных водоемах и оценка его роли в подавлении цветения

Продолжены натурные исследования на Подмосковных прудах (Чистых и Патриарших) по оценке влияния зоопланктона на цветность воды. Анализ и обобщение данных литературных источников и собственных исследований показали, что трофический пресс иктиофауны часто приводит к изменению структуры растительного зоопланктона – доминировавшие ранее крупные виды ракообразных замещаются более мелкими. Кроме того, структура и видовой состав зоопланктона во многом зависит от развития цианобактерий

(синезеленые водоросли), дефицита в воде кислорода, снижения прозрачности и других факторов.

Цветение цианобактерий сказывается на прозрачности воды, концентрации в ней кислорода в толще воды и кормовых условий для зоопланктона. В мелководных водоемах при питании ихтиофауны организмами бентоса или искусственными кормами, а также при отсутствии рыб крупные фильтраторы-фитофаги *D. longispina* подавляют цветение в течение вегетационного периода. Способность популяций *D. longispina* развиваться и подавлять цветение водоемов при развитии широкого размерного спектра планктонных водорослей даже в условиях дефицита кислорода определяет возможность их использования для сохранения высокой прозрачности воды в водоемах.

3. Проверка нелинейных моделей для оценки изменения содержания изотопов азота в микробиологических процессах

В 2015 г. продолжены работы по моделированию микробных сообществ, рассматривающих перераспределения стабильных изотопов. Возрастающая концентрация метана в атмосфере, способствующая глобальному потеплению климата, приводит к актуальности оценки, как продукции метана, так и его окисления. Ранее авторами была предложена математическая модель, описывающая окисление метана нитрит-ионом. Вместе с тем, эта модель не учитывала возможность ингибирования процесса окисления высокой концентрацией нитрит-иона, что отразилось в некотором несоответствии модели экспериментальным данным. С учетом эффекта ингибирования предложена усовершенствованная математическая модель, позволяющая описать динамику процесса анаэробного окисления метана и его тяжелых фракций $\delta^{13}\text{C}\text{H}_4$ и $\delta\text{C}^2\text{H}^1\text{H}_3$ нитрит-ионом. В модели для описания роста биомассы, потребления субстрата и формирования продукта использована эмпирическая функция Моно с двумя лимитирующими общую скорость субстратами (метан и нитрит). Предложены уравнения для изотопных компонентов.

Важным научным результатом является обоснование кинетического изотопного эффекта как следствие динамики биологических процессов.

1.3.5. Раздел «Теоретические и экспериментальные исследования кинетики деструкции органического вещества в водных объектах суши; развитие новых методов оценки антропогенных трансформаций озерных экосистем»

1. Подраздел «Теоретические и экспериментальные исследования кинетики деструкции органического вещества в водных объектах суши»

Проведены эксперименты по культивированию грибов-деструкторов и ферментативной деструкции гуминовых кислот с учетом природных условий в водных объектах. В

настоящее время особый интерес вызывают исследования, посвященные процессам био-разложения гумусовых веществ (ГВ) как устойчивых и химически активных компонентов состава природных вод. Ранее было установлено, что основным механизмом является ферментативная деструкция ГВ под действием грибов-деструкторов,

В работе используется метод экспериментального моделирования процесса биодеструкции ГВ под действием ферментативно-окислительного комплекса базидиальных грибов-деструкторов в водной среде. Проведена серия экспериментов по деструкции ГВ при непосредственном внесении ферментативных препаратов. С использованием спектрофотометрического анализа исследована динамика изменения молекулярной массы ГВ в процессе деструкции.

2. Подраздел «Развитие новых методов оценки антропогенных трансформаций озерных экосистем»

На основе разработанного ранее авторами метода графического диатомового анализа изучен состав фитопланктонных сообществ р. Москвы в границах мегаполиса (2006-2012 гг.). Исследована структура фитопланктонных комплексов на 355 пробах, отобранных в 7 створах реки. Показано, что экосистема реки относительно стабильна, однако, в центре г. Москвы её устойчивость снижается под воздействием антропогенных факторов (диффузные стоки и стоки Курьяновской станции очистки сточных вод). В зоне стока очистных сооружений происходит повышение видового разнообразия и дестабилизация таксономической структуры в фитопланктонных сообществах, что не может считаться признаком экологического благополучия экосистемы в казанной выше зоне.

Выполненный ретроспективный анализ позволяет выявить временную динамику эко-системных изменений в р. Москве.

1.3.6. Раздел «Исследование условий глобального водообмена и его гидрологических эффектов»

На основе обобщения большого количества экспериментальных данных и теоретических работ подтвержден вывод о метеорной природе образования гидросферы Земли. Сделан также вывод о состоявшемся разделении исходного протоземного газового облака Земли на оболочки в процессе образования планеты, где гидросфера из условия температур фазовых переходов молекул воды должна была оказаться верхней оболочкой.

1.3.7. Раздел «Исследование трансформации качества поверхностных и подземных вод бассейна Верхней Волги под влиянием различных источников загрязнения»

Обобщены результаты выполненных ранее исследований процессов формирования качества поверхностных вод верхневолжских водохранилищах (Верхневолжское, Ивань-

ков-ское, Угличское). Установлено, что основную роль в формировании их химического состава играют природные факторы, определяющие, в частности, малую минерализацию Верхневолжского и среднюю минерализацию Ивановского и Угличского водохранилищ.

Значительная заболоченность водосборных бассейнов приводит к поступлению в водоемы вод, обогащенных органическим веществом природного происхождения. В связи с этим для водных масс всех водохранилищ характерна высокая цветность воды. В воде Ивановского водохранилища наблюдаются повышенные концентрации марганца и высокие значения БПК₅; для Угличского водохранилища, по сравнению с Ивановским, характерны высокие концентрации общего фосфора и аммонийного азота, что в значительной степени обусловлено влиянием сточных вод, особенно в период наибольшей сработки уровня воды. Для большинства показателей и ингредиентов качества воды верхневолжских водохранилищ характерна пространственно-временная изменчивость и зависимость от водности года.

Проведен анализ динамики загрязняющих веществ (ЗВ) в родниковых водах водосбора Верхней Волги за многолетний период. Установлено, что в настоящее время в этих водах происходит устойчивое снижение содержания хлоридов и сульфатов. В 80-е годы прошлого века в состав основных загрязнителей окружающей среды входили также компоненты используемых в сельском хозяйстве удобрений – фосфора и минерального азота. С начала XXI века использование удобрений резко снизилось, поэтому можно ожидать уменьшения содержания биогенных веществ также и в родниковых водах.

Изучены особенности гидрохимического режима дренажного стока и карьерных вод выработанных верховых торфяников в условиях вторичного заболачивания. Установлено, что воды торфяников характеризуются рядом специфических особенностей. Они обогащены органическим веществом гумусовой природы и окрашены в желтоватый или бурый цвет; являются неравновесными системами (содержат одновременно окислители и восстановители); обладают низкой степенью минерализации; в них нарушен баланс между катионами и анионами. Воды исследованных карьеров отличаются повышенной кислотностью (средняя величина рН составляет 5,13 против 6,94 в дренажных водах).

Основным механизмом транспорта ЗВ в подземных водах является конвективно-диффузионный перенос. Роль молекулярной диффузии в переносе загрязнения через слабопроницаемые глинистые отложения может быть преобладающей. Для количественной оценки роли слабопроницаемых отложений на миграцию на полигоне захоронения отходов разработана детальная модель геофильтрационной неоднородности песчано-глинистой формации с использованием статистического моделирования цепей Маркова.

Исследована пространственно-временная изменчивость основных гидрохимических характеристик малых притоков Иваньковского водохранилища за период с 2009 по 2014 гг.; установлена зависимость величины минерализации и концентрации главных ионов от водности года. Проведено исследование фитопланктона в бассейне р. Тверцы; показано, что фито-планктон исследованных объектов Верхней Волги представлен в основном видами-космополитами, истинно планктонными организмами, предпочитающими пресные воды. Составлены конспекты (подробные описания) флоры р. Тверцы и других водных объектов Тверской области, включающие в себя перечисление всех идентифицированных видов, для которых указана родовая принадлежность, отношение к тому или иному семейству, порядку, классу и типу, географическая приуроченность, место обитания, отношение к рН и солёности воды, а также зона сапробности.

Сравнительный анализ данных гидрохимических наблюдений на Иваньковском водохранилище за период с момента его заполнения по настоящее время показал, что природные факторы по-прежнему обуславливают высокие значения перманганатной окисляемости, цветности, концентраций железа общего. Концентрации ингредиентов, привносимые в водоем со сточными водами и с диффузным стоком с берегов (сульфаты, хлориды, нитратный азот), увеличились в воде водоема в несколько раз.

1.3.8. Раздел *«Исследование трансформации качества подземных вод под влиянием природных и антропогенных факторов»*

В отчётном году исследования были направлены на разработку методики средне-масштабной оценки опасности загрязнения подземных вод и их защищенности от различных источников загрязнения; их оценку и картирование на примере Брянской области.

Оценка опасности загрязнения окружающей среды (ОС) и подземных вод (ПВ) точечными источниками загрязнения проводилась на территории Брянской области. По результатам оценки опасности загрязнения и данным районирования техногенной нагрузки выделены 3 района. Северный район выбран для дальнейшей оценки влияния преимущественно точечных источников загрязнения. Западный район характеризуется неблагоприятной экологической обстановкой в связи с загрязнением радионуклидами чернобыльского происхождения, поэтому он использовался для оценки опасности загрязнения ОС и ПВ диффузными источниками. Юго-восточный район в дальнейшем не рассматривался, т.к. он не представляет интереса с точки зрения техногенной нагрузки и фактического загрязнения ПВ, что характеризует его как наименее опасный.

Разработанная методика предусматривает совместное использование двух показателей качества подземных вод (ПДК и класса опасности), предложен способ их объединения.

На основе результатов расчётов построены карты опасности загрязнения и защищенности грунтовых вод от загрязнения, отражающие предварительный прогноз миграции различных ЗВ в защитной зоне, что позволяет говорить о различном уровне опасности загрязнения ими грунтовых вод на территориях выделенных районов Брянской области.

1.3.9. Раздел «Разработка оценочных показателей и критериев трансформации наземных экосистем в связи с изменением водного режима территорий»

Разработаны диагностические показатели динамического состояния наземных экосистем под влиянием изменения климатических и гидрологических факторов на примере околосредовых экосистем в долинах малых рек (бассейн Верхней Волги), крупных рек (Нижняя Волга, Зeya, Бурей), а также на побережьях Цимлянского, Зейского, Бурейского и Нижне-Бурейского водохранилищ.

Для выявления процессов заболачивания территорий в связи с гумидизацией климата и регулированием речного стока разработана система основных эколого-биологических критериев и показателей, отражающих возникновение и развитие процессов нарушений в экосистемах. На основе их анализа и обобщения составлена сводная таблица стадийных изменений (нарушений) наземных околосредовых экосистем при трансформации водного режима территории или климатических изменениях.

Разработан метод оценки нарушений в околосредовых экосистемах по биологическим критериям и показателям при изменении обводненности территорий (от естественных климатических и антропогенных гидротехнических воздействий), который достоверно диагностирует изменения и нарушения в экосистемах. Он используется при наличии уже установленных ранее климатических (по влажностно-температурному режиму) или гидрологических (антропогенных или естественных) изменений на исследуемой территории. Метод базируется на выявленных авторами ранее основных биологических показателях для оценки состояния наземных околосредовых экосистем, разделенных на две совокупности – динамические и стабильные. *К динамической группе* относятся показатели с постоянно изменяющимися (как минимум ежегодно) значениями, отражающие направления и процессы в изменении увлажненности (обводненности) территории от антропогенного и естественного (климатического) воздействия. *К стабильной совокупности* относятся показатели, обычно изменяющиеся во времени не сразу, а за достаточно длительный период (от 10 лет и более) и обладающие более или менее постоянными значениями.

Разработана система индикаторов гидрогенной трансформации наземных экосистем, включающая показатели гидрогенной трансформации среды (заливания и подтопления) и экологически значимые значения критериев, а также показатели гидрогенной динамики в

почвах и растительности. Разработаны шкалы для оценки динамического состояния и трансформации состояния экосистем.

1.4. Тема «Развитие теории и методов прогнозирования опасных гидрологических явлений, оценки их предсказуемости, риска и масштабов, обоснование рекомендаций по смягчению негативных социально-экономических и экологических последствий»

1.4.1. Раздел «Долгосрочные прогнозы весеннего половодья и гидрологических засух: оценки их предсказуемости, риска и масштабов»

Разработана модель внутригодовой изменчивости талого и дождевого стока равнинного водосбора, включающая пространственное описание следующих процессов: формирование и таяние снежного покрова; вертикальный влагоперенос в талой почве; испарение; промерзание почвы; впитывание в мерзлую почву; задержание в бессточных формах рельефа; склоновый сток по поверхности водосбора; подповерхностное стекание; движение грунтовых вод в пределах речного склона; неустановившееся движение водных масс по разветвленной русловой сети. Для верификации модели использованы данные гидрометеорологических наблюдений в бассейне р. Дон до замыкающего створа с. Казанская (102000 км²) за 20 лет (1971-1990). Характерным отличием рассматриваемого бассейна от других равнинных бассейнов России является необычно высокая вариация потерь талых вод на впитывание в почву (от года к году) в зависимости от глубины промерзания почвы и запасов почвенной влаги. В качестве входных метеорологических воздействий использовались суточные данные об осадках, температуре воздуха и дефиците влажности по метеостанции г. Воронеж. Модель основана на конечно-элементной схематизации водосбора с помощью топографической карты и цифровой модели рельефа (ЦМР).

Модель дала в целом удовлетворительное соответствие рассчитанных и измеренных расходов и хорошо воспроизводит вариацию потерь талых вод на впитывание в почву от года к году, хотя для некоторых лет ошибки расчетов оказались значительными и необходима ее дальнейшая калибровка.

С помощью разработанной модели формирования стока для верхней части бассейна р. Дон (до г. Лиски) проведены численные эксперименты по изучению возможностей применения методов ансамблевого прогнозирования для прогнозов весеннего половодья. Производился учет неопределенностей, связанных с ошибками в начальных условиях, прогнозах погоды и процессе моделирования стока. Для сокращения объема вычислений, резко возрастающего при использовании ансамблевых методов, некоторые блоки общей модели формирования стока были упрощены или исключены.

1.4.2. Раздел «Комплексная оценка масштабов и социально-экономических последствий экстремальных гидрологических явлений (засух и наводнений) в России и мире»

Усовершенствована электронная база данных по наводнениям в мире и России. В настоящее время она, содержит информацию ~ по 3000 наводнений в мире, в т.ч. по 550 наводнениям в России за период с 1997 по 2010 гг. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

В отчётном году начала создаваться глобальная база данных по засухам; к настоящему моменту она содержит информацию по 900 засухам мира.

Впервые построены картодиаграммы, достаточно полно описывающие глобальное распределение основных природных характеристик наводнений и параметров социально-экономических ущербов.

На основе стохастической теории климата предложен прогноз естественных изменений глобальной температуры воздуха. Показано, что современные изменения глобального климата и основных параметров наводнений и засух не являются исключениями по сравнению с предыдущими периодами.

База данных позволила получить новые результаты, раскрывающие закономерности пространственного распределения и взаимосвязей параметров наводнений в глобальном масштабе и в масштабе макрорегионов в их числе:

- впервые построены достоверные графики широтного распределения параметров наводнений, сопоставленные с широтным распределением среднего слоя стока; обнаружена неизвестная ранее закономерность, что они находятся в противофазе с широтными графиками среднего слоя стока (увлажненности материков);
- получены достоверные количественные данные о соотношении параметров ущербов от наводнений и социально-экономических параметров в макрорегионах с различным уровнем развития; показано, что по параметру соотношения гуманитарных потерь от наводнений (числа эвакуированных, числа погибших) и материальных ущербов положение России намного хуже, чем в экономически развитых странах мира;
- показано, что за охваченный базой данных период не наблюдается статистически значимого роста или уменьшения средних параметров наводнений (как природных, так и социально-экономических) ущербов.

Представляется, что при разработке долговременной стратегии борьбы с последствиями наводнений, в первую очередь должны быть предусмотрены исключительные меры, направленные на уменьшение именно гуманитарных (социальных) потерь.

1.4.3. Раздел «Развитие модели русловых деформаций при воздействии волн различного происхождения»

Разработана математическая модель русловых деформаций, развивающихся при одновременном воздействии таяния грунта береговых склонов и нестационарного водного потока, в частности волн различного происхождения, вызывающих катастрофические наводнения. Проведено исследование размыва берегового склона, изначально полностью сложенного замороженным грунтом, в отличие от первого варианта модели с ледовыми включениями в береговом склоне.

В новой модели предполагается, что свойства всего грунта меняются при достижении температуры фазового перехода. Система базовых уравнений гидродинамики и деформаций дополнена уравнением теплопереноса в грунте. Пористость грунта меняется скачком от нулевого значения, соответствующего мерзлоте состоянию, к значению, принятому при постановке задачи и зависящему в общем случае от других свойств грунта. Валидация модели проводилась по данным лабораторного эксперимента; участки берегового склона были предварительно заморожены. Численные эксперименты проводились с волнами различной интенсивности, при различных значениях пористости грунта.

Результаты экспериментов показали, что деформации русла, сложенного многолетнемерзлыми породами, обусловленные таянием всего грунта, а не ледяных пластин, вмороженных в береговой склон, определяются в большей степени пористостью слагающей породы и граничными условиями, налагаемыми на расход переносимых наносов, и в меньшей степени – параметрами волнового воздействия.

Следует отметить, что модели для расчетов деформаций русел рек, сложенных многолетнемерзлыми породами, до сих пор не были разработаны, а результаты численного моделирования процессов термической и механической эрозии, развивающейся под действием волн различного происхождения в руслах рек криолитозоны, получены впервые.

1.5. Тема «Совершенствование методов и технологий исследования водных объектов и их бассейнов с использованием данных спутникового зондирования поверхности Земли»

В отчётном году исследования выполнялись по 2-м разделам

1. Раздел «Разработка алгоритмов использования в модели спутниковых оценок осадков с учетом их пространственных распределений»

Разработана версия модели влаго- и теплообмена участков поверхности суши с атмосферой (LS-модели - Land Surface Model), адаптированная к полученным по данным измерений со спутников Земли оценок осадков, температур подстилающей поверхности и характе-

ристик растительности. Модель позволяет рассчитывать влагосодержание почвы, испарение с её поверхности, транспирацию, вертикальные тепловые потоки, а также температуру подстилающей поверхности и распределение температуры по глубине. Характеристики почв и растительности используются в модели в качестве параметров, а метеорологическая информация – в качестве входных переменных. Значения последних определялись по данным наземных наблюдений и по данным измерений с ИСЗ с помощью радиометров AVHRR/NOAA, MODIS/EOS Terra и Aqua, SEVIRI/Meteosat-9, -10. Исследования проводились для территории части сельскохозяйственного Центрально-Черноземного региона площадью 227300 км².

В модели использовались оценки осадков, полученных с помощью разработанной в НИЦ «Планета» Росгидромета комплексной пороговой методики детектирования облачности, выделения зон осадков и определения их мгновенной максимальной в границах пиксела интенсивности по данным измерений AVHRR и SEVIRI. Реализованы два варианта перехода от оценки трехчасовой интенсивности осадков к оценке их суточных величин, нацеленные на проведение климатических исследований и оперативного мониторинга. Корректность замены значений осадков, определенных по данным наземных наблюдений, на их оценки по спутниковой информации (в обоих вариантах) подтверждена результатами сравнения полученных при моделировании и измеренных на агрометеостанциях величин влагосодержания почвы W и суммарного испарения E_v .

Описанная процедура введения в LS-модель оценок осадков по спутниковым данным может использоваться для оценки влагообеспеченности обширных территорий (особенно в засушливых районах), в том числе в условиях недостатка данных наземных наблюдений.

2. Раздел «Оценка влияния водосборов боковых притоков на экологическое состояние русловых водохранилищ с использованием спутниковых данных высокого разрешения»

Разработана методика оценки влияния водосборов боковых притоков на состояние приемного водоема (Цимлянского водохранилища) при совместном применении ГИС-технологий, картографического и дистанционного методов. Суммарный объем бокового стока составляет ~ 6% от общего поступления, но его вклад в ухудшение экологического состояния водоема весьма значителен: водосборы рек, балок, оврагов распаханы; многие животноводческие хозяйства расположены в водоохранной зоне или вблизи нее; большинство сельских населенных пунктов не имеют канализации, промышленные стоки плохо очищены, что приводит к интенсивному заилению и загрязнению водохранилища и т.д.

Методологический подход к решению задачи состоит в рассмотрении водохранилища и его притоков как единой геосистемы «водосбор – водоток – водоем», в которой действует бассейновая организация переноса вещества – его географическая пространственная миграция от ближайшего тальвега к гидрографической сети и далее к приемному водоему. При таком подходе за единицу исследования был принят частный речной бассейн бокового притока. Оценка вклада водосборов боковых притоков в общие процессы обмена и загрязнения водоема определялась суммой характеристик, отражающих физико-географические, социальные и экономико-хозяйственные особенности территорий.

Работа была выполнена с помощью универсальной ГИС «Карта 2011», позволившей создать цифровые модели рельефа водосборов, использовать данные дистанционного зондирования Земли для обновления содержания топографических карт и уточнения современных контуров природных комплексов и антропогенных объектов.

Для оценки влияния водосборов были выделены гидроклиматические, административно-территориальные, геоморфологические, почвенные, производственно-хозяйственные показатели. Структурирование информации в ГИС для пространственного анализа разнородных данных выполнялось с помощью картографического метода. Составлена серия из 7 тематических карт, отражающих строение гидрографической сети бассейна, структуру водосборов, рельеф всей территории водосбора в виде цифровой модели, распределение плотности населения по водосборам основных притоков; распределение сельскохозяйственных угодий и земель транспорта.

На основе разработанной методики получена покомпонентная и комплексная оценка состояния основных водосборов бокового притока Цимлянского водохранилища и их влияния на формирование береговой зоны. Составлена серия тематических карт, отражающих природные особенности водосборов и антропогенную нагрузку на их территории.

Совместное использование ГИС-технологий, крупномасштабных космических изображений и топографических карт позволяют получить важную, зачастую уникальную информацию о состоянии водосборов, а также количественные и качественные оценки степени влияния каждого из факторов на водохранилище.

1.6. Тема «Совершенствование теории и методов управления ресурсами вод суши и водоохранной деятельностью с позиций рационального природопользования, надежности водообеспечения регионов России и решения социальных задач»

1.6.1. Раздел *«Развитие теории и методов управления водопользованием на федеральном и региональном уровнях»*

Исследования по разделу включали 3 этапа.

Этап 1. Методические положения по формированию рынков торговли водоемкой продукцией

Выполнен анализ участников рынка водных ресурсов, цен на воду, состояния отечественного и мирового рынков воды и водохозяйственных услуг и возможностей их развития. Сформулированы предложения по механизмам участия России в международной торговле водой, включая виртуальную воду. В их числе можно отметить следующие.

1. Решение стратегических задач экономики и прогнозную оценку ее развития с учетом конкурентоспособности и ожидаемых направлений структурных сдвигов в мировой экономике под воздействием глобального водного кризиса. Определение наиболее перспективных отраслей и создание благоприятных условий для их развития, учёт ожидаемых сдвигов спроса на водоемкую продукцию («виртуальную воду»), а также на водосберегающие и водоохраные технологии на мировом рынке.

2. Для более широкого внедрения концепции «виртуальной воды» необходим систематический и глубокий анализ использования свежей воды и полной водоемкости по отраслям экономики России, анализ международных торговых потоков водоемкой продукции (прежде всего, продовольственной) и других аспектов проблемы.

3. Результаты исследований необходимо систематизировать и доводить до лиц, принимающих решения, в удобной и наглядной форме.

4. Для оптимизации торговых потоков внутри страны необходим аналогичный анализ рассматриваемых аспектов на региональном уровне.

Этап 2. Система математических моделей для согласования интересов водопользователей в динамических условиях несовершенной конкуренции

Механизм согласования интересов водопользователей в динамических условиях при несовершенной конкуренции и реализующие его математические модели основываются на методологическом подходе к выработке согласованных стратегий водопользования и водоотведения в условиях неопределенности при наличии монопольных эффектов в статической постановке. При этом временные особенности поступления водных ресурсов и потребностей в них в явном виде не представлены. Результаты согласования интересов водопользователей в статической постановке, как при формировании новых соглашений, так и при пересмотре существующих, перенесены на выработку согласованных стратегий управления в динамике, рассматривающейся в дискретном времени. Так же, как в статическом случае:

– согласование интересов водопользователей основывается на методологии активных систем, принципе открытого управления и учёте особенностей поступления и эффективно-

сти использования водных ресурсов;

- пользователи и центр (управляющий орган водохозяйственной системы, в рамках которой осуществляется согласование) образуют активную двухуровневую систему, где центр – верхний уровень, пользователи (активные элементы) – нижний уровень;

- компромиссные стратегии вырабатываются с использованием математических моделей, формируемых центром и функций предпочтений, в которых в качестве переменных, наряду с реальными величинами объемов водных ресурсов и масс примесей, включены значения их ориентиров (гарантированных значений – по водохозяйственной терминологии).

Рассматриваются три варианта согласования интересов водопользователей и соответствующие им базовые задачи: рациональное использование водных ресурсов (без явного учета его качества), управление качеством водных ресурсов (в предположении, что их количественные показатели фиксированы) и совместное управление количеством и качеством водных ресурсов.

Построение механизмов согласования интересов пользователей в динамических условиях так же, как в статике, основывается на потоковом структурировании ВХС в виде сети, конфигурация которой воспроизводит конфигурацию движения воды и примесей в системе. Потоки в сети моделируют объемы воды и массы примесей. Потоки, соответствующие реальным объемам и массам, образуют группу системных переменных; потоки, изображающие их ориентировочные величины, являются индивидуальными переменными. Функционирование ВХС рассматривается в дискретном времени, в котором расчетный период разбит на временные отрезки.

Этап 3. Разработка методов использования экспертной системы классификации малых рек на примере центральных регионов России

На предыдущем этапе работы предложена методология анализа малых рек, озер, прудов, болот, ручьев посредством их распределения по классам схожести, выбора базового объекта в каждом классе, детального исследования типовых объектов в отношении решения присущих им проблем, распространения методов и результатов решений для базовых объектов на все остальные объекты рассматриваемых классов. Положения классификации и типизации малых водных объектов положены в основу автоматизированной экспертной системы, предназначенной для отслеживания и выбора мероприятий по сохранению и улучшению их состояния.

Для выявления нормированных коэффициентов значимости каждого объекта, а также для подобных коэффициентов числовых параметров малых рек использована двухэтапная эвристическая процедура. Выделено пять типов основных проблем восстановления, ох-

раны и использования водных ресурсов малых рек. Построена общая структура автоматизированной системы и осуществлён первоначальный расчёт классификации в соответствии с предложенными процедурами.

Собраны данные по 30-ти малым рекам Ярославской и Тверской областей (число малых рек в этих областях достигает десятков тысяч), проведена их автоматическая классификация. Выявлен ряд необходимых изменений и улучшений программы экспертной системы при отсутствии информации по параметрам и характеристикам малых рек и действия в условиях частичной неопределенности.

1.6.2. Раздел *«Разработка научных, технологических и информационных основ охраны водных объектов с учетом физико-химических и биохимических процессов формирования качества вод»*

Исследования включали 5 подразделов.

1. Разработка критериев оценки потоков веществ в системе «донные осадки – водная масса»

Разработана концепция зонирования водохранилищ по уровню опасности вторичного загрязнения водной массы тяжелыми металлами в период формирования условий, благоприятствующих выходу металлов из донных отложений. Опасность вторичного загрязнения обусловлена повышением активности микробиологических процессов в донных отложениях (ДО). Активность бактериоценозов ДО зависит от температуры и содержания органического вещества (ОВ) в донных отложениях. Косвенным показателем повышения активности бактериальных сообществ является кислородный режим по вертикальному профилю в водохранилище. Эти факторы исследуются стандартными гидрохимическими методами. Установлена связь между подвижностью металлов в донных отложениях, содержанием ОВ в ДО и кислородным режимом; выделены диапазоны кислородного режима, при котором наиболее вероятно вторичное загрязнение, разработана методология картирования водохранилищ.

Выделены основные факторы, влияющие на риск вторичного загрязнения:

- композиционный состав донных отложений, в т.ч. содержание органического вещества в донных отложениях;
- наличие вертикального градиента окислительно-восстановительных условий, влияющего на переход марганца из ДО в воду;
- наличие горизонтального градиента скоростей течения, обеспечивающего перенос загрязнений.

Обоснованы показатели, позволяющие оценить процессы вторичного загрязнения и зоны, пригодные для мелиорации в Учинском водохранилище. Этапы оценки:

1. Зонирование водохранилища по глубинам <1,5 м, 1,5-7,0 м, > 7,0 м.
2. Оценка вертикального градиента содержания кислорода, выраженного по разнице между содержанием кислорода в придонном и поверхностных слоях, в отношении к содержанию кислорода в поверхностном слое (%).
3. Оценка вертикального градиента температуры, выраженного по разнице между температурами поверхностного и придонного слоев в отношении к температуре поверхностного слоя (%).
4. Оценка вертикального градиента электропроводности, выраженного по разнице между электропроводностью в придонном и поверхностным слое в отношении к электропроводности в поверхностном слое (%).
5. Оценка содержания органического вещества в донных отложениях.

На основе указанных показателей разработан алгоритм анализа картографического материала для выявления наиболее опасных по вторичному загрязнению зон, а также зон, нуждающихся в мелиоративных мероприятиях.

2. Статистическая обработка базы данных показателей состояния подводных ландшафтов и гидрометеорологических показателей

В сформированной ранее базе данных показателей состояния подводных ландшафтов Каспийского моря и гидрометеорологических показателей добавлен фрагмент, касающийся углеводородного загрязнения вод.

Проанализирован мировой опыт использования нефтесборных платформ как объектов туристической рыбалки и промыслового рыболовства. Предлагается через некоторое количество лет после прекращения добычи нефти использовать платформу в качестве рыбопродуктивной базы как искусственного «риффа».

Рассмотрение полученных ранее результатов факторного анализа ряда показателей экосистемы Балтийского моря показало, что основным фактором его деградации является эвтрофирование, второй по значимости фактор – углеводородное загрязнение. Согласно данным, полученным авторами в 2015 г., поступления азота и фосфора с территории водосборной части Российской Федерации («вклад» России в эвтрофирование Балтийского моря) составляет по азоту 1% , по фосфору – менее 1%. Остальное загрязнение вносят страны Балтии. До сих пор общераспространенным было мнение, что вклад России значительно больше.

3. Развитие методов квалитметрии воды, в том числе с использованием электрофизических методов

В отчётном году исследования по разделу были направлены на обеспечение досто-

верности водного контроля: Показано, что контролируемые показатели состава воды – случайные величины. Одной из причин ошибочных заключений о качестве воды является сохраняющееся до сих пор пороговое требование: безопасной считаются концентрации загрязняющего вещества, меньшие ПДК.

Сформулирован вероятностный подход к контролю показателей качества воды. Развита математический аппарат допускового контроля указанных показателей, опирающийся на теорию проверки статистических гипотез. Это позволяет повысить достоверность заключений о выполнении/нарушении установленных нормативов. Разработан подход к методологии риск-ориентированного контроля качества воды.

Для оценки состояния вод в слоях перемешивания предложен новый метод исследования этого процесса при водоотведении – измерение мегагерцовой диэлектрической проницаемости. Этот метод эффективен для наблюдения процесса переноса загрязняющих веществ в водной среде, процесса смешения вод разного состава (при отведении стоков в водные объекты, слиянии рек и т.д.).

4. Научные основы оценки динамического воздействия гидротехнических сооружений на прибрежные территории и водные экосистемы

Проанализирован опыт планировки территорий, прилегающих к крупным плотинам, оценены возможные последствия их разрушения, в том числе в результате активизации геодинамических процессов природного и техногенного происхождения; затопления окружающих территорий и иных чрезвычайных ситуаций.

Выделен ряд не идентифицированных ранее сейсмических событий, которые могут быть проявлением наведенной сейсмичности по параметрам, отличающим эти проявления от взрывов или глубинных землетрясений. Проведено районирование жилой зоны по уровням повышенного риска разрушений вследствие эффекта наведенной сейсмоактивности при мощных сбросах на Куйбышевской ГЭС.

Предложены критерии выделения приплотинной зоны, где особенно сильно сказывается влияние ГЭС на геодинамические процессы, состояние хозяйственной инфраструктуры и здоровье населения. За границу приплотинной территории можно принять 15 км.

5. Обобщение данных о влиянии состава планктона в различных водоемах на подавление цветения

Обоснована методология метагеномного анализа образцов активного ила с целью выявления его потенциальной способности к разложению ксенобиотиков.

Основную роль в процессах самоочищения играет биоценоз поверхностных вод. Деградация органических веществ – многоэтапный процесс, катализируемый целым рядом

ферментов. Различные стадии этого процесса могут протекать при действии разных микроорганизмов.

Разработаны приемы секвенирования (методы, позволяющие установить последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК) бактериальных сообществ, позволяющие по структуре бактериальных сообществ оценить потенциальную возможность этих сообществ в разложении опасных органических токсикантов.

Для изучения таксономического состава фитопланктонных сообществ р. Москвы использован современный метод ПЦР-амплификации генов 16S рРНК с последующим секвенированием, который существенно расширил возможности в области исследования экосистем микроорганизмов. Благодаря новому подходу стал возможен быстрый таксономический анализ сложных бактериальных сообществ.

Анализ метаболического потенциала бактериальных сообществ проводился с помощью разработанного программного обеспечения XeDete. В его основу заложена концепция, в рамках которой каждый из элементов сообщества микроорганизмов способен осуществлять определённый набор ферментативных реакций. На основе этих данных XeDetect определяет, какие метаболические пути, представляющие собой цепи биохимических превращений, возможны в данном сообществе.

Выделены закономерности поэтапной пространственной трансформации структуры речного фитопланктона и основные факторы, влияющие на структуру: поступление сточных вод, несущих биогенные элементы и специфический (не присущий реке) фитопланктон; температурные условия речной воды.

Проведено экспериментальное исследование эффективности бактериоценоза фиточистных сооружений в природных условиях.

Выполнена оценка возможности развития эффективного смешанного способа биологической очистки морской среды, при котором используются искусственные донные рифы и гидробиотехнические сооружения в толще воды. Представлены результаты анализа эколого-экономической целесообразности развития пищевой аквакультуры мидий и устриц на побережье Черного моря, предложена схема биофильтрационной установки и выполнен оценочный расчет её эффективности для очистки морской воды. Оценена возможность развития мидийного хозяйства как структуры самоочищения морских прибрежных вод Крыма.

1.6.3. Раздел *«Совершенствование теории безопасного для здоровья населения водопользования в изменяющихся гидрологических условиях»*

В отчетный период проведен медико-экологический анализ данных о современном и прогнозируемом качестве воды используемых водисточников и питьевой воды в Рос-

сийской Федерации. Показано, что в воде систем централизованного питьевого водоснабжения 25-ти административных территорий РФ сохраняется крайне неудовлетворительное состояние показателей содержания химических веществ (аммиак и аммоний-ион по азоту); железо, включая хлорное железо; мышьяк; никель; свинец; наихудшие показатели – в Свердловской обл.). Выделены территории повышенного канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья населения в связи с качеством используемой питьевой воды. Проведено ранжирование причин сложившегося кризиса питьевого водоснабжения, в т.ч. ошибочных управленческих решений, связанных с водоохраным законодательством и использованием неэффективных водоочистных технологий. На основе анализа современных отечественных и зарубежных данных показаны причинно-следственные связи повышенной неинфекционной и инфекционной заболеваемости населения с использованием некондиционных питьевых вод. Анализировались источники информации, основанные только на современных эколого-токсикологических и эколого-эпидемиологических методах выявления действующего фактора среды (в частности методов оценки риска для здоровья, когортных исследований и т.п.). Подтверждена острая необходимость медико-экологических обоснований приемлемости тех или иных приемов управления водными ресурсами.

Применительно к этому предложению проведено ранжирование приемов управления поверхностными водными ресурсами по характеру возможных изменений условий водопользования населения и связанных с ними ухудшениями состояния здоровья населения.

Наиболее важный результат работы 2015 г. – развитие медико-экологического раздела системы управления водными ресурсами в целях совершенствования теории безопасного для здоровья населения водопользования в изменяющихся гидрологических условиях.

2. Программы фундаментальных исследований Президиума РАН

2.1. Программа № 16 «Пространственное развитие России в XXI веке: природа, общество и их взаимодействие»

2.1.1 Проект «Методы и алгоритмы оптимизации распределения сбросов загрязняющих веществ по источникам их образования»

Разработан подход к обоснованию водоохраных мероприятий при стратегическом планировании водохозяйственных систем (ВХС), функционирующих и развивающихся в стохастических условиях, а также реализующая его модель оптимизации распределения сбросов загрязняющих веществ (ЗВ).

Определение параметров элементов водоохранного комплекса осуществляется с использованием математической модели оптимизации распределения сбросов ЗВ. Её особен-

ностью является введение, наряду с переменными, имитирующими массы примесей, присутствующих в воде, также переменных, соответствующих их ориентирам – гарантированным значениям. Это позволяет не только определять гарантированное качество водных ресурсов, но и обосновывать величину предельно-допустимых сбросов в водные объекты.

Модель описывается двухэтапной задачей стохастического программирования на сети с усилением потоков в дугах. Стратегическими переменными (первого этапа), выбираемыми при неизвестных конкретных реализациях стохастических условий, выступают потоки, моделирующие гарантированные значения масс примесей. Tактическими переменными (второго этапа), выбираемыми при известных реализациях стохастических условий, являются потоки, соответствуют реальным значениям масс примесей в водных ресурсах.

Для решения задачи выбора параметров водоохранного комплекса с разнородными потоками, соответствующим различным примесям, используется модель обоснования водоохранных мероприятий с однородными потоками. Решается совокупность задач для каждой примеси отдельно.

Проведена работа по совершенствованию алгоритма оптимизации распределения сбросов ЗВ по критерию минимума суммарной массы загрязнений, изымаемых из сточных вод, при выполнении ограничений на концентрации ЗВ в контролируемых створах. Оптимизация распространяется на точечные источники. Указанный критерий в некоторых частных случаях совпадает с критерием минимума приведенных затрат на водоохранные мероприятия по бассейну. Программная реализация разработанного алгоритма предоставляет возможность анализировать последствия антропогенных нагрузок и обосновать мероприятия по охране вод в речном бассейне. Проведены опытные расчеты на части бассейна р. Москва в пределах МКАД.

2.1.2. Проект «*Новые подходы в регулировании взаимодействия общества с объектами и процессами гидросферы*»

В 2015 г. развита методология организации управляемого рынка разрешений на использование водных ресурсов (квот), функционирующего в стохастических условиях, порождающих риск принятия неоправданных решений. Рыночный обмен квотами происходит в рамках водохозяйственной системы (ВХС), управляющий орган которой (центр) является гарантом соблюдения интересов всех водопользователей, как активных участников актов купли-продажи, так и пассивных участников сделок.

ВХС структурируется в виде двухуровневой системы: верхний уровень – центр, нижний уровень – пользователи, взаимосвязанные водохозяйственной сетью. Центр контролирует предлагаемые пользователями сделки купли-продажи квот, выдавая разрешения на

использование водных ресурсов, приемлемые с позиций благополучия водной среды и окружающих территорий, а также технически осуществимые, и блокируя недопустимые варианты.

Инструментом управления центра служит математическая модель допустимости предлагаемых сделок купли-продажи разрешений на использование водных ресурсов, представляющая собой двухэтапную задачу стохастического программирования. В модели ВХС изображается сеть с потоками, соответствующими объемам водных ресурсов. В состав переменных задачи, наряду с величинами реальных объемов водных ресурсов, включены их ориентиры (гарантированные значения), которые едины для всей совокупности стохастических условий. Изучены закономерности функционирования рынка водных ресурсов и процедура согласования интересов пользователей в рамках управляемого центром рынка.

2.2. Программа № 18 «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики»

2.2.1. Проект «*Разработка методов прогнозирования и смягчения последствий русловых деформаций, вызванных катастрофическими наводнениями на реках, протекающих в криолитозоне, в условиях колебаний климата*»

Выполнены экспериментальные исследования по изучению деформаций береговых склонов в лотке циркуляционного действия. Рассмотрен случай полностью замерзшего берега, в который помещен источник загрязнения.

Впервые разработана математическая модель, объединяющая процессы переноса примеси, русловые деформации и таяние берегового склона и позволяющая прогнозировать распространение и накопление загрязнений в реках криолитозоны, берега которых подвергаются термоэрозии. Модель состоит из четырех модулей: теплового – для моделирования таяния грунта берегового склона, гидродинамического – для расчетов течения, деформационного – для моделирования переноса наносов водным потоком и расчета деформаций и модуля для расчетов переноса примеси.

Для валидации модели проведены лабораторные эксперименты по распространению примеси в гидравлическом лотке с замороженным склоном. Получены зависимости начала таяния берегового склона от его начальной температуры при разных температурах водного потока, подтвержденные данными лабораторного эксперимента.

На основе лабораторных исследований и численных экспериментов сформулированы выводы об особенностях распространения примесей в деформируемых и недеформируемых руслах, имеющие практическое значение. Показано, что в начале процесса даже существенные деформации русла не приводят к значительному изменению режима распро-

странения и накопления примеси в потоке, однако со временем отличия в средних концентрациях примеси в деформированном и недеформированном потоке увеличиваются. Существенную роль в процессе распространения примеси играют возникающие за счет деформаций поперечные скорости водного потока, а также форма поперечного сечения деформируемого русла. Выдвинуто предположение, что существует такая форма сечения, при которой ее деформации приводят к более интенсивному переносу примеси, чем в недеформируемом потоке. Подробно исследовано влияние расположения источника загрязнения в потоке на распространение примеси.

Установлено, что в потоке существует точка, в которой независимо от положения источника и параметров трапецеидального сечения концентрация примеси будет одинаковой. Эта точка располагается на расстоянии от дна равном $0.56 h$ и значение концентраций в ней для всех потоков составляет 1,15 средней концентрации. Этот факт имеет большое прикладное значение, так как позволяет получить представление о распределении концентрации по всей глубине на основе её измерения только в этой точке. Полученный результат относится не только к случаю оттаявшего грунта и может быть распространен на любые потоки. Проведена оценка вклада различных частей потока в перенос примеси.

3. Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН

3.1. Программа № 10 «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России»

3.1.1. Проект *«Региональные особенности сценарного прогнозирования изменений водных ресурсов»*

Основная цель исследований – оценка изменений речного стока на территории Российской Федерации в XXI веке вследствие возможных изменений глобального климата; критический анализ различных методов и подходов к оценке будущих изменений стока и принципиальной возможности воспроизведения стока при помощи глобальных моделей климата.

В настоящее время имеется значительное количество работ, посвященных сверхдолгосрочному прогнозированию речного стока. Большинство из них базируется на результатах численных экспериментов на «больших» моделях климатической системы (МОЦА, МОЦАО, КМОЦ) и посвящено попыткам прогнозирования стока отдельных рек, причем не только крупнейших, но средних и даже малых. Есть также небольшое количество работ, в которых рассчитываются возможные изменения слоя (чаще всего, годового) стока в масштабах макрорегионов и глобальном масштабе. К недостаткам упомянутых работ относится отсутствие учета (или недостаточно полный учет) различных неопределенностей, с ко-

торыми связано прогнозирование стока в таких временных масштабах. Новизна и специфика настоящего проекта состоят в том, что он позволяет учитывать значительно большее число неопределенностей, способных влиять на достоверность прогнозов; получать не только качественные, но количественные оценки последствий неопределенностей; совместно учитывать максимально возможное число значимых неопределенностей, последствия которых можно оценить количественно. Конечный результат проекта направлен на получение наиболее объективной и полной картины прогнозируемых изменений стока на территории РФ с учетом ошибок соответствующих прогнозов.

Установлено, что прогноз стока основных рек РФ при помощи экспериментов на больших климатических моделях CMIP-5 воспроизводит тенденции, выявленные ранее авторами на основе моделей CMIP-3, в частности, статистически незначимые изменения годового стока в устьях рек, бассейны которых расположены в юго-западной части страны. Модели CMIP-3 и CMIP-5 воспроизводят статистически значимые изменения годового стока рек Енисея и Лены в ближайших к устью створах не ранее второй трети XXI века. Показано, что влияние фактора неопределенности, не учитываемого до последнего времени, существенно уменьшает значимость прогностических оценок стока в северо-восточных регионах РФ. Полученные с учетом всех факторов неопределенностей прогнозы свидетельствуют о полном отсутствии статистически значимых однонаправленных изменений слоя годового стока в XXI веке на всех территориях.

3.1.2. Проект *«Разработка методов описания процессов формирования запасов почвенных вод – основной характеристики водообеспеченности обширной территории сельскохозяйственного назначения при использовании спутниковых данных»*

В отчётном году исследования включали:

- модификацию разработанных ранее способов использования в модели влаго- и теплообмена покрытых растительностью участков суши с атмосферой определенных по данным радиометров AVHRR (ИСЗ NOAA), MODIS (ИСЗ Aqua) и SEVIRI (ИСЗ Meteosat-10) значений температур подстилающей поверхности в исследуемом регионе для разных версий методики построения их оценок;
- модификацию процедуры ввода в модель величин осадков для района исследований, построенных по спутниковым данным AVHRR и SEVIRI, с выбором оптимального варианта методики их оценки для вегетационного периода;
- расчеты запасов почвенной влаги и других характеристик водного режима исследуемой территории за сезоны вегетации 2011-2013 гг.

Использование разных версий методики спутниковых оценок температур подсти-

лающей поверхности выявило лишь небольшое повышение точности расчета влагозапасов, в то время как использование разных вариантов методики оценки осадков позволило выявить приоритетный вариант. Расхождения величин влагозапасов, рассчитанных по модели и измеренных на агрометеостанциях, не превышали 10% в период сезона вегетации.

Результаты проведенных исследований показывают, что использование в разработанной LS-модели спутниковых оценок осадков, температур подстилающей поверхности и характеристик растительности делает возможным построение пространственных полей влагозапасов почвы, суммарного испарения и других характеристик водного и теплового режимов значительной по размерам покрытой растительностью территории.

3.1.3. Проект «Современные ресурсы и качество поверхностных и подземных вод регионов России в условиях нарастающих изменений климата и антропогенной нагрузки на водосборы»

В отчётном году работы по проекту выполнялись по двум разделам.

Раздел 1. Дополненная база данных для региональной оценки ресурсов подземных вод. Оценка пространственных изменений удельных и абсолютных величин возобновляемых ресурсов подземных вод по регионам России за последние 30-35 лет

В качестве исходных данных использованы материалы по 350-ти водосборам Европейской части России (ЕЧР), выбранным в качестве репрезентативных для пространственно-временного анализа изменений условий формирования и динамики водных ресурсов с 1945 по 2010 гг.

Для выделенных водосборов рек рассчитаны среднемноголетние значения и коэффициенты вариации средних годовых, минимальных месячных расходов воды зимней и летней межени, естественных ресурсов подземных вод и коэффициента естественной зарегулированности стока. Несмотря на некоторый разброс переломных лет в водности (5-7 лет) для регионального анализа пространственно-временных характеристик стока и водных ресурсов влияние долговременных климатических вариаций на сток рек оценивается по отклонению средних многолетних характеристик за период 1978–2010 гг. относительно значений за период 1945–1977 гг.

При построении карт расчетные параметры оценивались как для всего бассейна реки, так и его отдельных частей – частных водосборов. Исследования охватывают не только многолетние периоды, но и внутригодовые колебания гидрологических характеристик. Анализировались также данные по рядам наблюдений годовых и сезонных осадков и температуре приземного воздуха (более чем 200 метеостанций) в пределах ЕЧР.

Естественные ресурсы поверхностных вод определялись по среднему годовому рас-

ходу рек. Естественные (возобновляемые) ресурсы подземных вод оценивались по среднему меженному расходу воды, когда практически отсутствует снегодождевое питание и река питается преимущественно подземными водами. Выбор периода осреднения для различных регионов ЕЧР проводился на основе сравнения полученной величины подземной составляющей с различными характеристиками меженного стока.

Сопоставление результатов расчетов этими методами показало состоятельность такой оценки для всех климатических зон ЕЧР. Значения средних меженных расходов воды за 20–30-летние периоды практически совпадают со средними величинами подземного стока по расчленению гидрографов. Систематическое отклонение составляет не более 5–20 % для различных бассейнов ЕЧР в зависимости от ландшафтно-климатических и гидролого-гидрогеологических условий для различных водосборов ЕЧР.

Дополнена база данных для региональной оценки ресурсов подземных вод. Оценены характеристики стока рек и водных ресурсов по речным водосборам ЕЧР с различной антропогенной нагрузкой. Показано, что закономерности распределения величин ресурсов подземных вод на территории ЕЧР определяются тремя основными природными факторами: климатическими, ландшафтно-орографическими и гидрогеологическими.

Раздел 2. Математическое моделирование процессов миграции загрязняющих веществ в ненасыщенной зоне грунтов при нестационарном поступлении поллютантов

Рассматривалась задача о распространении загрязнений от примыкающего к дневной поверхности небольшого участка загрязненного грунта вглубь области течения. Для описания совместного движения грунтовых вод со свободной поверхностью и переноса загрязняющих веществ использованы уравнения фильтрации в насыщенно-ненасыщенной пористой среде, т.е. уравнения Ричардса. Методами численного моделирования исследована зависимость характерных параметров процесса распространения примеси от физических свойств среды при различных режимах внешнего воздействия. Особое внимание уделялось важным для экологических исследований параметрам – характерным скоростям распространения загрязнений в насыщенной и ненасыщенной зонах грунта и характерному времени размывания загрязнений грунтовыми водами до пренебрежимо малых концентраций.

Выполнено математическое моделирование процессов миграции загрязняющих веществ в ненасыщенной зоне грунтов при нестационарном поступлении поллютантов. Результаты моделирования и анализ особенностей миграции загрязняющих веществ в безнапорных горизонтах при различных режимах питания грунтовых вод показали, что распределение загрязнителя практически идентично для разных режимов задания инфильтрационного питания, при условии, что суммарная величина питания фиксирована. В то же вре-

мя среднегодовая величина питания заметно влияет на время миграции загрязнений до поверхности грунтовых вод.

В практических задачах представляет интерес продолжительность времени, за которое концентрация загрязнений области течения снижается до приемлемого заранее заданного значения. Проведенные расчеты позволяют определить время достижения этой пороговой концентрации и точку области потока, в которой наблюдается это значение.

3.1.4. Проект «Прогнозирование использования ресурсов пресных подземных вод в качестве резервного источника водоснабжения населения»

В отчётном году исследования выполнялись по 3-м разделам.

Раздел 1. Оценка обеспеченности городов России с населением более 250 тыс. чел. утвержденными запасами пресных подземных вод в современных условиях

Проведен сбор и анализ опубликованных данных и фондовых материалов по численности городского населения крупных городов Европейской части России. На основе имеющихся данных о современной численности городского населения и установленных ГОСТом норм водопотребления на хозяйственно-гигиенические нужды на одного человека для различных климатических зон (от 220 л/сут на 1 человека до 280 л/сут) определены потребности в хозяйственно-питьевой воде 16 крупных и средних городов России.

Сравнение современной потребности в подземной воде хозяйственно-питьевого назначения с имеющимися разведанными и утверждёнными эксплуатационными запасами пресных подземных вод позволило охарактеризовать возможность современного (а в ряде случаев и перспективного) рационального использования подземных вод без их истощения. Авторами введено понятие об обеспеченности городских водозаборов подземными водами, под которым понимается отношение разведанных и утверждённых запасов пресных подземных вод к современной (2014 г.) и перспективной численности населения. При этом выделены следующие градации:

– «надёжно обеспеченные» – города, для которых утвержденные запасы подземных вод превышают потребность в воде хозяйственно-питьевого назначения более чем в 2 раза;

– «достаточно обеспеченные» – города, для которых утверждённые запасы питьевых подземных вод превышают потребность населения в хозяйственно-питьевых водах менее чем в 2 раза;

– «необеспеченные» – города, для которых утверждённые запасы меньше потребности.

Выполнена оценка прогнозной обеспеченности потребности указанных выше городов РФ с утверждёнными запасами подземных вод на период 2030 г. Следует отметить, что полученные результаты являются предварительными и требуют уточнения на следующем

этапе исследований по проекту. Обоснованы подходы и методология оценок обеспеченности городов подземными водами в условиях чрезвычайных ситуаций.

Раздел 2. Методика оценки защищенности подземных вод от загрязнений для различных сценариев изменения климата

Защищенность грунтовых вод от любого загрязняющего вещества зависит от времени достижения фронтом загрязненных инфильтрационных вод водоносного горизонта из каждого типового участка. Рассчитывается время миграции различных загрязняющих веществ, при этом изменяется только коэффициент распределения индивидуальных загрязняющих веществ, при изменяющихся климатических условиях. Изменение климатических условий может быть учтено через вариации значений среднегодового инфильтрационного питания (W).

Оценка защищенности подземных вод от загрязнения в условиях изменяющегося климата проводилась на примере одного из регионов Тульской области с развитой промышленностью, сельским хозяйством и частично пострадавшим от аварии на Чернобыльской АЭС. При этом изменения климата учитывались по 3-м сценариям:

- современные климатические условия – при $W = 100$ мм/год (что в среднем составляет 20% от среднегодовых атмосферных осадков на изучаемой территории);
- условия иссушения климата – через при $W = 60$ мм/год;
- условия увлажнения климата – при $W = 200$ мм/год.

Оценку защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами целесообразно выстраивать в зависимости от периода полураспада радионуклида (для ^{90}Sr и ^{137}Cs – порядка 30-ти лет). Выделение категории по времени продвижения загрязняющего вещества через защитную зону по существу является приближенной прогнозной оценкой процесса загрязнения грунтовых вод (в данном случае радионуклидами). В качестве примера выполнена оценка защищенности грунтовых вод от загрязнения радионуклидами и Cr^{6+} и построены соответствующие карты.

Предложенная методика среднемасштабной оценки защищенности подземных вод от загрязнения позволяет проследить возможные вариации развития процесса загрязнения в зависимости от конкретного загрязняющего вещества (от нейтрального до высоко токсичного) при различных сценариях изменения климата (от иссушения до его увлажнения).

Раздел 3. Оценка социально-экономических ущербов от опасных гидрогеологических процессов для субъектов Российской Федерации

Для субъектов РФ и экономических районов России проведено уточнение рассчитанных ранее значений риска-ущерба проявления основных 13 опасных процессов (вклю-

чая наводнения, оползни, мерзлотные явления и пр.). Экспертная оценка риска-ущерба для территорий проводилась по методике расчета, основанной на учете ее уязвимости, согласно которой риск определяется как произведение опасности на уязвимость территории. Обновлены построенные ранее авторами карты экспертной оценки риска указанных процессов с учетом новых статистических данных (2014 г.). Анализ их среднесрочных значений показывает высокую степень потенциального риска возникновения природных и техногенных катастроф для большей части территории страны. Наиболее высокий риск их возникновения и уязвимости промышленных объектов и населения отмечается для районов Восточно-Сибирского и Северо-Кавказского, а наименьший – для Северного, Северо-Западного и Калининградского. В соответствии с этим определены приоритеты проведения страхования опасных природных процессов; при этом объем страховых вложений в каждом экономическом районе зависит от природных, техногенных, социальных и прочих факторов.

3.1.5. Проект «Разработка комплекса новых методов для изучения процессов формирования и восстановления качества вод, состояния водных экосистем в условиях антропогенных нагрузок на водные объекты юга России»

В отчётном году работы по проекту включали 4 раздела.

Раздел 1. Оценка относительной значимости биотической и абиотической компонент в условиях наметившихся тенденций состояния экологического неблагополучия крупных водохранилищ юга России: Цимлянского, Пролетарского и Веселовского

Среди многочисленных характеристик водохранилищ следует особо выделить оценку состояния их экологического благополучия, поскольку его нарушение представляет угрозу для водной экосистемы. Наиболее важными представляются крайние степени неблагополучия, которые обозначены как «чрезвычайная экологическая ситуация» (ЧЭС) и «экологическое бедствие» (ЭБ) еще в 90-х годах прошлого столетия. Задача выявления зон экологического неблагополучия на водных объектах и сейчас не утратила актуальности в связи с неудовлетворительным экологическим состоянием и загрязнением, а также проявлением токсических свойств поверхностных вод, в том числе и в крупных водохранилищах.

Применение разработанного авторами ранее комплексного подхода для оценки экологического неблагополучия Цимлянского, Пролетарского и Веселовского водохранилищ позволило установить наличие признаков ЧЭС и ЭБ по различным физико-химическим, гидробиологическим и токсикологическим показателям. При этом использованы разработанные критерии оценки для методов биоиндикации и биотестирования токсичности. Установлено, что важнейшей причиной негативных тенденций состояния экологического не-

благополучия Цимлянского водохранилища остаются биотические факторы: «цветение» воды и массовое развитие «токсичных» видов сине-зеленых водорослей, высокий трофический статус участков водохранилища, токсичность воды и донных отложений.

Параметры биологических показателей Манычских водохранилищ свидетельствуют об относительной стабильности биотической компоненты водных экосистем; по крайней мере, случаев экологического бедствия по этим показателям не было выявлено. Кроме того, здесь относительно удовлетворительное состояние чаще определяется именно по биологическим показателям. В целом состояние водной экосистемы Цимлянского водохранилища по обеим компонентам нарушено в большей степени по сравнению с Манычскими водохранилищами. На основе проведенных исследований получена оценка относительной значимости биотической и абиотической компонент в условиях наметившихся тенденций состояния экологического неблагополучия крупных водохранилищ юга России: Цимлянского, Пролетарского и Веселовского.

Раздел 2. Разработка метода оценки состояния водных экосистем по дистанционной спектрометрической информации высокого разрешения, получаемой с платформ нижнего и среднего уровней

Усовершенствован метод оценки состояния водных экосистем по дистанционной спектрометрической информации высокого разрешения. Установлено, что трофический статус нижнего бьефа Цимлянского водохранилища в целом можно характеризовать как эвтрофный с переходом в гиперэвтрофный. По данным спектрометрической съемки это состояние остается неизменным за последние годы и сохраняется с июня по октябрь. Экологическое состояние Цимлянского водохранилища позволяет рекомендовать для исследования процессов изменения его экосистемы *только биотическую составляющую*, наблюдение за биотической компонентой может быть осуществлено с использованием минимальных финансовых средств (космической или оперативной спектрометрической съемки).

Раздел 3. Разработка набора эколого-токсикологических методов изучения формирования и восстановления качества вод Нижнего Дона в условиях антропогенных нагрузок

Разработан набор эколого-токсикологических методов для изучения формирования и восстановления качества вод Нижнего Дона в условиях антропогенных нагрузок, основанных на биоиндикации и биотестировании; сформулированы основные положения их использования:

- синхронный отбор проб двух компонентов водной экосистемы (вод и донных отложений);
- «адресное» биотестирование с учётом географических, климатических условий региона,

- гидрохимического состава вод, наличия потенциально опасных производств;
- распределение точек отбора проб в водном объекте с учётом расположения производств и мест сброса их отходов водные объекты;
 - использование в биотестовом анализе экологически соответствующих тест-объектов;
 - оценка экотоксичности является экспертной и выполняется с учётом всех использованных биологических методов.

Раздел 4. Разработать гидродинамические методы прогнозирования процессов формирования качества поверхностных вод в аварийных ситуациях

В настоящее время на территории России действует свыше 42 тыс. потенциально опасных в аварийном отношении объектов. Ситуация усугубляется еще и тем, что существующая система мониторинга качества поверхностных вод, работающая в определенном установленном режиме, в принципе не отвечает задачам оперативных прогнозов и тем более управленческих решений в случае аварийного загрязнения.

Предложен способ получения расчетных гидродинамических соотношений при прогнозировании эволюции загрязненной зоны в водном объекте при аварийных ситуациях на основе одномерного уравнения турбулентной диффузии, параметризованного результатами прямых трассерных экспериментов.

3.1.6. Проект «Моделирование внутриводоемных процессов и экологического состояния водных объектов при изменении климата и антропогенной нагрузки»

В отчётном году модернизирована разработанная ранее двумерная по вертикали X-Z математическая модель для изучения формирования полей скорости, температуры, растворенного в воде кислорода, развития стратификации, формирования аноксидной зоны в гипolimнионе, взмучивания донных отложений. В результате усовершенствован программный комплекс, превосходящий предыдущий на порядок по быстродействию.

Выполнены исследования качества воды Можайского водохранилища с применением программного комплекса. На основе натурных наблюдений и расчетов по термогидродинамической модели показано, что при повышении температуры воздуха ухудшение экологического состояния водохранилища произойдет в случае, если после установления стратификации в него дополнительно поступят биогенные вещества с дождевыми паводками, или при повышенной ветровой активности, способствующей попаданию в эпилимнион вод гипolimниона, богатых биогенными веществами.

В результате изучения процесса формирования аноксидной зоны в водохранилище в летний период выявлена зависимость скорости изменения размера аноксидной зоны от степени стратифицированности водохранилища, тесно связанной с погодными условиями.

Расчеты по модели показали, что сильный прогрев приводит к ухудшению кислородного режима водохранилища, имеющего слабоэвтрофный и эвтрофный статус; однако для мезотрофного водоема степень стратификации мало влияет на размер аноксидной зоны.

3.1.7. Проект *«Исследование процессов и механизмов поступления, трансформации и выноса загрязняющих веществ от диффузных источников загрязнения на водосборных территориях водных объектов на основе моделирования массообмена в системе водосбор – водный объект»*

В 2015 году исследования выполнялись в Тверской области на территории южного берега Иваньковского водохранилища. На основе полевой площадной геохимической съемки территории с отбором проб и дальнейшей их аналитической обработкой выделено несколько ареалов повышенной концентрации химических элементов. Изучен массив данных по 69 химическим элементам и их распределение по территории одного из водосборных бассейнов.

На примере Иваньковского водохранилища выявлен ряд характеристик, определяющих фоновые территории для средней полосы России. В качестве единицы районирования в этом случае выступают речные бассейны невысоких порядков. Даже для фоновых районов характерно формирование в их пределах ареалов повышенной концентрации химических элементов, которые могут быть определены не только при помощи геохимических исследований, но и на основании литолого-геоморфологического и морфометрического анализа территории с уменьшением доли полевых работ и объема проводимых анализов. Участки территории, в пределах которых формируются такие ареалы, рекомендуется определять при помощи масс-баланс индекса (МБИ), выявляющего зоны преимущественной эрозии, транзитной территории и зоны преимущественной аккумуляции. Для вычисления МБИ необходима цифровая модель рельефа и сравнительный анализ ряда морфометрических карт.

3.1.8. Проект *«Совершенствование методов прогноза и оценки качества природных вод; минимизации негативных эффектов при высоких рисках и чрезвычайных ситуациях, связанных с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов»*

Научные исследования в отчетном году были ориентированы на разработку научных основ применения лазерной спектроскопии и лидарных технологий для детектирования ранних стадий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и индикации их источников.

Актуальность этой проблемы определяется масштабами функционирования и развития нефтяной индустрии (добыча и переработка нефти, хранение и транспортировка нефти и нефтепродуктов). По данным Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году в России произошло порядка 27 000 по-

рывов нефтепроводов, включая промысловые и межпромысловые. Происходят регулярные аварии танкерного флота и судов другого назначения на внутренних водных путях.

Разработаны научные основы применения лазерной спектроскопии и лидарных технологий для детектирования ранних стадий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и индикации их источников. Применительно к наблюдениям в оперативном режиме за зонами повышенного экологического риска нефтегенного загрязнения лидары (LIDAR – Light Identification, Detection and Ranging) обладают многими преимуществами. В техническом исполнении лидар представляет собой сочетание лазера и приемного устройства для регистрации обратного излучения, испускаемого зондируемым объектом. В отличие от других методов, флуоресцентные лидары (ФЛ) позволяют обнаруживать не только нефтяную пленку, но и наличие нефти в приповерхностном слое воды, толщина которого определяется глубиной проникновения лазерного луча. ФЛ также позволяют производить классификацию детектируемой нефти и нефтепродуктов по спектру лазерно-индуцированной флуоресценции. Основными особенностями ФЛ являются: возможность большой скорости зондирования; высокая чувствительность; круглосуточный режим работы; анализ данных, как в режиме реального времени, так и постобработки; возможность авиационного, корабельного и стационарного базирования.

Лабораторные эксперименты показали также, что с помощью описанного выше ФЛ можно зарегистрировать загрязненность льда нефтью. В рамках работы также были проведены стендовые и натурные испытания малогабаритного ФЛ BlueHawk, предназначенного для обнаружения нефтяных пленок на воде в непрерывном автоматическом режиме. Подготовлена и реализована программа испытаний данного лидара, включавшая лабораторную оценку зависимости интенсивности регистрируемого сигнала от высоты расположения, чувствительности к изменению толщины нефтяной пленки, а также оценку его функционирования на водном объекте при проведении измерений с катера. Полученные результаты показали, что функциональные возможности лидара позволяют использовать его для обнаружения нефтепродуктов на поверхности воды, в том числе в режиме реального времени.

Обоснованы направления совершенствования методов математического моделирования токсичности углеводородов по их структуре. Проблема снижения последствий аварийных разливов нефти вплотную связана с задачей создания надежной системы раннего обнаружения и мониторинга аварийного разлива нефти.

3.1.9. Проект *«Развитие методологических подходов молекулярно-биологического и биоинформационного мониторинга процессов восстановления качества вод в природных и природно-техногенных объектах»*

Изучен таксономический состав фитопланктонных сообществ р. Москвы в зоне действия мегаполиса (2006-2012 гг.). Выделены закономерности поэтапной пространственной трансформации структуры речного фитопланктона и основные факторы влияния на структуру – поступление сточных вод, несущих биогенные элементы и специфический (не при-сущий реке) фитопланктон; аномально жаркая температура речной воды в 2010 г.

Установлены основные закономерности изменения структуры фитопланктонных сообществ под действием указанных факторов. Использовалась оценка общего количества видов и численности фитопланктона и методика анализа таксономической структуры диатомовых комплексов с учетом и без учета редких таксонов. В зоне стока очистных сооружений происходит повышение видового разнообразия и дестабилизация таксономической структуры в изучаемых сообществах. Аномально высокие летние температуры 2010 г. стали сильным дестабилизирующим фактором структуры во всех точках наблюдения.

Показано, что нарушение таксономической структуры фитопланктонных сообществ в равной степени выражено как при негативном воздействии со стороны загрязненных диффузионных стоков, так и при воздействии со стороны биологически очищенных вод, поступающих в р. Москву. В последнем случае происходит смешение фитопланктонных сообществ, что приводит к избыточному видовому разнообразию и дестабилизации таксономической структуры.

3.1.10. Проект *«Ретроспективный анализ и прогноз качества воды водных объектов в бассейне Верхней Волги в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки»*

В 2015 году продолжены многолетние режимные наблюдения на опорных водомерных постах и наблюдательных участках в бассейне Верхней Волги; пополнена, систематизирована и преобразована в соответствии с задачами проекта информационная база данных (БД) гидрохимических характеристик водных объектов (колодцев, родников, скважин, болот, водотоков и водоемов), исследованных авторами с 1998 гг. по настоящее время. На данном этапе создана тестовая модель БД с рабочим названием «Характеристики водных объектов водосбора Иваньковского водохранилища». Её структура состоит из пяти крупных разделов, содержащих информацию о водных объектах более низкого ранга: водотоках, водоемах, грунтовых и напорных водах, болотах и пр. В дальнейшем предполагается дополнение БД информацией о режимных наблюдениях за уровнями скважин, водохранилищ и колодцев, метеорологической и климатической информацией, характеристиками почв и пород зоны аэрации грунтовых вод.

Подготовлен перечень источников загрязнения; оценены объемы загрязняющих веществ, поступающих в водоемы бассейна Верхней Волги. Обобщены данные литературных

источников и собственных наблюдений по гидрохимическому, гидрологическому и гидро-биологическому режимам Иваньковского водохранилища с для составления информационно-аналитического справочника.

3.1.11. Проект «*Экстремальные гидрологические явления на водных объектах России в условиях климатических изменений и антропогенной нагрузки*»

В отчётном году исследования по проекту включали несколько этапов.

1. Развитие методов оценки речного стока в условиях трансформации экономики, неопределенности антропогенных воздействий и климатических изменений

На основе данных о максимальном речном стоке малых и средних рек Нижневолжского региона выполнен статистический анализ рядов с целью выявления в них неоднородности, вызванной антропогенными или климатическими изменениями. Влияние указанных изменений на гидрологический режим зачастую выражается в нарушении стационарности наблюдаемых рядов, что в свою очередь, приводит к неопределенности в оценках параметров стока. Для решения этой проблемы усовершенствована методика совместного анализа данных, позволяющая получить районные значения параметров при недостатке исходной информации. Ключевым моментом предлагаемых изменений методики является вычленение из массива данных нестационарных рядов и выявление даты смены режима, которая делит наблюдаемые ряды на две условно стационарные части.

С применением методики в бассейне Нижней Волги условно выделены два района с различными датами смены стационарных состояний (1970, 1978 гг.). Получены статистические характеристики рядов максимального стока для каждого условно-однородного периода: среднего многолетнего расхода, коэффициентов вариации и асимметрии.

Выполнено районирование территории бассейна методом Крицкого-Менкеля для двух условно стационарных периодов. Установлено, что район с «датой перелома» 1978 г. неоднороден по значениям параметра C_s/C_v , поэтому в результате районирования в бассейне выделено три однородных района, характеризующихся среднерайонными параметрами. Следует отметить, что границы районов для двух временных периодов совпали, однако полученные среднерайонные оценки параметров различны. Это подтверждает факт происходящих в бассейне изменений максимального стока и свидетельствует о синхронности таких изменений для однородных районов.

2. Классификация причин негативного воздействия вод на объекты экономики и население

Выполнена классификация причин негативного воздействия вод в контексте продовольственной безопасности по принципу воздействия на население, территории и объекты

экономики (сельского, лесного, рыбного, охотничьего хозяйства, пищевой промышленности) в различных регионах страны, влияющего на безопасность и сопряженного с ущербами. Обеспечение продовольственной безопасности связано с рисками, обусловленными как избытком, так и дефицитом воды. Указанная классификация выполнена по генезису их возникновения и разделяется на причины, вызванные глобальными природными и климатическими изменениями, антропогенными, техногенными воздействиями, а также различным сочетанием этих факторов. Основным критерий при этом – принцип уязвимости объектов экономики, которые, являются основными источниками пищевых продуктов.

3. Зонирование бассейна р. Волги по уровню косвенной антропогенной нагрузки на территорию ее водосборов

При оценке антропогенной нагрузки обычно учитывается две группы показателей: прямого и косвенного (опосредованного) воздействия на водные объекты. Ранее был выполнен анализ прямого воздействия на водные объекты в бассейне р. Волги, включающий оценку полного и безвозвратного водопотребления и сброса сточных вод (с учетом их качества). На текущем этапе исследований выполнено зонирование бассейна р. Волги по уровню косвенных антропогенных нагрузок на ее водосборную территорию, связанных с заселением территории, хозяйственной деятельностью, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики, развитием транспортной инфраструктуры. Показатели, характеризующие указанные факторы, легли в основу ранжирования территории бассейна по степени антропогенной нагрузки.

Расчитаны антропогенные нагрузки для 38 регионов бассейна р. Волги. Выполнено ранжирование территории бассейнов Верхней и Нижней Волги, а также р. Камы по степени антропогенной нагрузки с помощью разработанной шкалы основных показателей для зонирования регионов. Выявлено наличие широкого спектра антропогенного воздействия на водосборную территорию в разных частях бассейна р. Волги.

3.1.12. Проект «Разработка методов и гидроинформационных технологий оценки опасности и управления риском наводнений для паводкоопасных участков речных систем»

В отчётном году исследования по проекту выполнялись на примере бассейна р. Амур, где в июле – сентябре 2013 г. сформировался экстремальный дождевой паводок. Вызванное паводком наводнение охватило огромные территории российского Дальнего Востока и северо-востока Китая и стало одним из наиболее масштабных стихийных бедствий XXI века по продолжительности, площади распространения, числу пострадавших и экономическому ущербу. Существующие возможности снижения паводкового стока в бассейне р. Амур и смягчения последствий наводнения существенно зависят от эффективности

регулирования стока Зейским и Бурейским водохранилищами. Согласно данным Росводресурсов, к началу паводкового сезона 2013 г. оба водохранилища были сработаны до уровня, предписываемого правилами регулирования. Проведенный анализ показал, что реализованные режимы регулирования стока создали возможность максимального для срезки пика паводка использования емкости обоих водохранилищ, в которых было аккумулировано, по оценкам ОАО «РусГидро», свыше 50% притока воды в соответствующих створах.

Рассмотрены результаты применения разработанной авторами компьютерной технологии гидроинформационной поддержки управления риском наводнений для оценки противопаводковой функции действующих и планируемых водохранилищ на реках Зее и Бурее, а также выявления эффекта регулирования этих водохранилищ на снижение максимальных расходов и уровней воды на 850-километровом участке Среднего Амура (ниже впадения р. Зеи до р. Сунгари).

Численные эксперименты по оценке противопаводковой функции планируемых Нижне-Зейского и Селемджинского водохранилищ и их влияния на гидрологический режим Среднего Амура проводились по одномерной гидродинамической модели с учетом результатов расчетов бокового притока по модели ECOMAG, т.е. при различных вариантах максимальных сбросных расходов в нижние бьефы планируемых гидроузлов по сценарию метеоусловий 2013 г., а также при прохождении в бассейне р. Зеи паводков 1% и 0,1% обеспеченностей. Получены экспертные оценки требуемой суммарной резервной противопаводковой емкости водохранилищ в зависимости от ограничений снижения максимальных уровней воды. Более точные оценки на последующих стадиях планирования могут быть даны только на основе модельных расчетов с применением разработанной компьютерной технологии.

3.1.13. *«Совершенствование методов расчетов и прогнозов катастрофических явлений в устьевых областях рек России»*

На первом этапе исследований по проекту в отчетном году выполнен анализ опасных гидрологических явлений в устьевых областях рек России. Наиболее распространенными из них считаются наводнения, связанные с экстремально высокими половодьями или паводками на реках, прохождением сильных нагонов, а также воздействием ледовых заторов (наиболее характерно для арктических устьев). Основная причина возникновения наводнений (в том числе катастрофических) в устьях рек – быстрое и существенное повышение уровня воды в реке или в водотоках дельты, вызванное резким увеличением стока воды и наносов реки или крупным штормовым нагоном, приводящее к значительному заливаннию поймы, дельтовых участков рек и др.

Показано, что современные тенденции в изменениях устьевых областей многих рек мира под влиянием изменений климата и водохозяйственных мероприятий, нарушения режима рек и приемных водоемов заключаются в ослаблении воздействия на эти объекты речных и возрастании роли морских факторов, а также в увеличении интенсивности и периодичности опасных гидрологических явлений. В *Climate Change 2012* отмечается рост уровня Мирового океана, связанный, в первую очередь, с тепловым расширением океана (вследствие потепления климата). Негативные проявления процессов повышения уровня приемных водоемов и усиления циклонической деятельности в устьях рек мира и России в XXI веке могут усилиться.

3.1.14. Проект «*Методология планирования рационального развития водного хозяйства в регионе или на водохозяйственном участке крупной реки с учётом требований национальной безопасности*»

За отчетный период исследования по проекту были ориентированы на решение следующих задач:

- структуризация проблемы сбалансированного развития регионального водного хозяйства как комплекса задач рационального выбора водохозяйственных мероприятий;
- формализация задач в виде математических моделей; обоснование методов их решения.

Структуризация проблемы с формализацией отдельных задач, входящих в исследуемый комплекс, включает два направления: методы планирования водного хозяйства в регионе и способы выбора состава и очередности водохозяйственных мероприятий. В дифференциальной форме выведены основное уравнение развития всей отрасли водного хозяйства, а также уравнение развития отдельных подотраслей. Решение указанных задач приводит к уравнениям развития, показывающим, как меняются во времени (по годам) фонды подотраслей в зависимости от соотношения удельных затрат на новое строительство, реконструкцию и эксплуатацию, а также мощности строительной базы отрасли.

Рациональный выбор первоочередных водохозяйственных мероприятий основан на двух соображениях: возможности оценки стоимости основных фондов (сооружений, мероприятий, строительной базы и др.) указанных выше подотраслей на отдалённую перспективу и одновременного их развития. Выбор конкретных мероприятий зависит от местных условий, осуществляемых в рамках отобранных подотраслей.

В качестве примера разрабатываемой методологии выполнено обоснование выбора приоритетных водохозяйственных мероприятий в регионе Нижней Волги, включающее три уровня детальности. На *верхнем уровне* рассматривается регион в целом и водное хозяйство как совокупность общих отраслей: водопотребление и водопользование, охрана водных

объектов, защита от вредного воздействия вод, поддержание хорошего качества вод и высокого экологического состояния водных объектов. На *среднем уровне* выделяются ограниченные водные территории. *Нижний, детальный уровень* состоит в выборе конкретных мероприятий на водных объектах, примыкающих к городам, населенным пунктам, предприятиям и промыслам. Принятие решений состоит в выборе агрегированных направлений водохозяйственной деятельности, детализирующих перечисленные подотрасли.

Анализ общих направлений развития водного хозяйства на Нижней Волге позволил сформировать около 40 детальных видов мероприятий. Конкретные мероприятия для решения первоочередных проблем региона должны выбираться в соответствии с приведенной выше иерархией этапов на основе анализа перспективных и существующих фондов направлений развития водного хозяйства в регионе, а также оценки затрат и доходностей. Очередность проведения реализации комплексов мероприятий представляется следующей:

- I. повышение водообеспеченности региона в целом;
- II. приведение в порядок ильменей, особенно Западных подстепных ильменей;
- III. хозяйственное и питьевое водоснабжение; IV. рекреация;
- V. расширение орошаемых площадей, реконструкция оросительных систем;
- VI. рыбохозяйственные мероприятия; VII. обустройство нерестилищ;
- VIII. мероприятия, выполняемые постоянно: очистка русел, обустройство водотоков, укрепление берегов, контроль водоотведения и сбросов сточных вод, развитие водоохраных мероприятий, промывки засоленных почв и др.

3.2. Программа № 12 «Эколого-географические условия и ограничения природопользования для диверсификации экономики России и ее регионов»

3.2.1. Проект «Современный гидроморфизм на юге Европейской части России как ограничение развития хозяйственной деятельности»

Рассмотрены современные природные и антропогенно обусловленные процессы и явления современного гидроморфизма, ограничивающие хозяйственную деятельность на юге Европейской части России. В числе основных причин возникновения и распространения этого явления можно выделить влияние водохранилищ, поскольку их создание относится к крупнейшим мероприятиям, существенно изменяющим природную среду. Новизна данной работы состоит в том, что все упомянутые процессы рассмотрены в пространственно-временном аспекте. В верхнем бьефе водохранилищ наблюдается эвтрофирование, заиливание, осолонение воды; на побережье – переформирование берегов, заиливание, подтопление, изменение пространственной структуры природных комплексов. В нижнем бьефе к числу возможных негативных последствий можно отнести осуходоливание, зимние павод-

ки, зимние полыньи. Проблемы приемного водоема рассмотрены на примере Аральского моря. Не вызывает сомнения, что водохранилище – это водохозяйственный объект, при сооружении которого следует учитывать сложную систему процессов и взаимосвязей, их пространственно-временные изменения за весь период эксплуатации. Многие негативные экологические последствия могут быть ослаблены или их можно избежать, если разработать специальные водоохранные и природоохранные мероприятия при эксплуатации водохранилищ.

4. Фундаментальные и прикладные исследования по федеральным целевым и ведомственным программам

В отчётном году выполнены исследования по одной федеральной целевой программе и двум ведомственной программам.

4.1. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах»

4.1.1. Государственный контракт с Министерством природных ресурсов РФ по теме *«Научное обоснование мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги»*

Завершены работы по 4-ому этапу «Составление перечня научно обоснованных приоритетных мероприятий на основе вариантных проработок, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы.

Обоснование указанных мероприятий выполнено на основе решения многокритериальных оптимизационных задач в условиях противоречивых интересов водопользователей и математического (гидродинамического) моделирования сложных технических систем. Получены следующие основные результаты:

- рекомендован имитационный подход к оценке вариантов компоновки рассматриваемых схем обводнения для решения водохозяйственных задач и обоснования приоритетных мероприятий. Предложен алгоритм формирования структуры гидродинамической модели и выполнения гидравлических расчетов в условиях сложной формы русловой сети;
- предложен ряд мероприятий для оптимизации гидрологического режима водных объектов бассейна Нижней Волги и улучшения условий существования растительных сообществ.
- предложен комплекс природоохранных мероприятий и рекомендации, носящих различный статус, направленных на решение как общерегиональных проблем, так и на рас-

смотрение отдельных отраслевых задач и т.п. Общей региональной задачей является при этом создание единой межведомственной системы экологического мониторинга региона Нижней Волги, и разработка единой системы оценок состояния экосистем.

Построены гидродинамические модели Западных подступных ильменей и в целом бассейна Нижней Волги. Исследованы варианты обеспечения режимов проточности Волго-Ахтубинской поймы; оценены возможности устойчивого водообеспечения природно-хозяйственного комплекса дельты Волги в маловодные годы.

В соответствии с основными принципами Водной Стратегии РФ до 2020 г. разработана «Концепция рационального использования водных ресурсов и устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранения уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы» (далее Концепция), ориентированная на обеспечение социально-экономического развития региона при условии сохранения экологического благополучия территории. В Концепции сформулированы требования к использованию водных ресурсов и предложены мероприятия по поддержанию и улучшению состояния водных объектов Нижней Волги, а также действия по управлению водными ресурсами, поступающими в Нижнюю Волгу из Волгоградского водохранилища. Предложены принципы работы регулирующих сооружений и рекомендации по ограничению водопользования, сформулированы требования по проведению мониторинга состояния экосистемы Нижней Волги, результаты которого должны лежать в основе оценки эффективности предлагаемых мероприятий и конструктивных решений.

4.2. Государственный контракт с Федеральным агентством водных ресурсов по теме *«Оценка связи (влияния) уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) с его экологическим состоянием и современными социально-экономическими требованиями региона в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности. Анализ нормативных правовых основ регулирования стока и предложения по их совершенствованию»*

Работа выполнялась совместно с БИП СО РАН, ИНЦ СО РАН, ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, ООО «ВЕД» Основная цель исследований состоит в обосновании возможных границ диапазона колебаний уровня воды в озере Байкал, исходя из компромисса противоречивых интересов водопользования и требований экосистемы в условиях значительной изменчивости гидрометеорологических условий бассейна, в первую очередь, в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности.

В отчётном году выполнены следующие работы:

- анализ и обобщение результатов ранее выполненных научно-исследовательских работ по рассматриваемой проблеме;
- сбор, обобщение и статистическая обработка данных гидрометеорологического монито-

ринга бассейна озера Байкал государственного мониторинга водных биоресурсов и других показателей состояния водной экосистемы озера за весь период наблюдений

- анализ условий формирования притока к озеру Байкал в экстремальные периоды и получение современных оценок расчетных характеристик водности с учетом происходящих и ожидаемых климатических изменений;
- сравнительный анализ уровня режима озера Байкал в естественных условиях и в условиях эксплуатации Иркутского гидроузла;
- анализ воздействия изменений гидрологического режима озера Байкал в условиях эксплуатации Иркутского гидроузла на его экосистему (водную и околоводную части) и другие природные процессы, социально-экономические условия;
- анализ экологических (в т.ч. рыбохозяйственных) и хозяйственных требований (ограничений) к регулированию уровня режима озера Байкал;
- эколого-водохозяйственное обоснование предложений по регулированию уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) в условиях нормальной, экстремально высокой и экстремально низкой водности;
- анализ полноты современной законодательной и нормативной базы регулирования уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) и возможности исполнения норм в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности;
- анализ и подготовка предложений по совершенствованию нормативной правовой базы регулирования уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища).

Получены оценки связи (влияния) уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) с его экологическим состоянием и современными социально-экономическими требованиями региона в условиях экстремально низкой водности.

4.3. Программа развития ООН Глобального экологического фонда (ПРООН ГЭФ) и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России»

4.3.1. Проект *«Организация и выполнение мониторинга (включая предпроектный мониторинг) состояния биоразнообразия в зонах воздействия проектируемых, строящихся и эксплуатируемых гидроэнергетических объектов в Амурской области»*

За отчетный период подготовлены Методические рекомендации по формированию программ мониторинга и проведению полевых исследований состояния биоразнообразия при строительстве и эксплуатации гидроэнергетических проектов. Разработаны Методические рекомендации по определению территории зоны влияния гидроэнергетического проекта на биоразнообразие. Сформулированы предложения по временному ограничению охоты, биотехническим мероприятиям, регулированию рекреации, укреплению сети ООПТ.

5. Инициативные исследования

Выполнены работы по одному мегагранту Минобрнауки РФ, пяти проектам Российского научного фонда (РНФ), 20-ти исследовательским проектам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

5.1. Мегагрант Минобрнауки РФ №14.В25.31.0026 «Внетропический гидрологический цикл в условиях современного и будущего климата: неопределенности и предсказуемость», руководитель П. Гройсман (США), руководитель с российской стороны д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан.

Исследовано влияние неопределенности *климатических* проекций на неопределенность оценок гидрологических последствий изменения климата на основе численных экспериментов с гидрологической и глобальными климатическими моделями. Использовались данные 5-ти моделей-участников эксперимента CMIP5 IPCC при 4-х возможных сценариях внешних воздействий (RCP-сценарии). Исследования велись на примере бассейна р. Лена. Получены следующие результаты.

1. Показано, что по метеорологическим данным, полученным с помощью глобальных моделей климата и заданным в качестве входной информации в модель формирования стока р. Лена удалось с удовлетворительной точностью рассчитать среднемноголетние характеристики стока в рассматриваемом бассейне за период 1971-2005 годы.

2. На основании ансамблевых экспериментов с глобальными моделями климата и различных RCP-сценариях антропогенных воздействий на атмосферу показано, что, в среднем, аномалии среднемноголетнего стока в период до 2035 года могут составить 10%, в период 2036-2065 годы – 15%, а в период 2070-2099 годы достичь 21%.

3. 95%-й доверительный интервал оценок аномалий среднемноголетнего годового стока р. Лены, обусловленных совместным эффектом неопределенности будущих сценариев внешних воздействий, а также различиями моделей климата, растет с увеличением горизонта прогноза и достигает к концу XXI века величины $\pm 8\%$. Тогда в отсутствие других источников неопределенности с высокой вероятностью оценка аномалии среднемноголетнего стока р. Лена находится в диапазоне [13%, 29%]. Неопределенности аномалии средних месячных величин стока оказались выше неопределенности годовых величин.

5.2. Гранты Российского научного фонда (РНФ)

1. Проект РНФ № 14-17-00700 «Исследование и моделирование физических механизмов чувствительности экстремальных гидрологических явлений к изменениям климата», научный руководитель д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан.

Исследования по проекту за отчётный период были направлены на анализ физических механизмов формирования экстремальных гидрологических явлений и изменчивости экстремальных метеорологических явлений в разных природных условиях. Получены следующие основные результаты.

- Разработаны методы исследования условий формирования экстремальных гидрологических явлений различного генезиса (метеорологических условий при формировании указанных явлений, а также условий, обуславливающих состояние речного водосбора, предшествующее этим явлениям) с помощью физико-математических моделей гидрологического цикла.
- Получены оценки относительного вклада изменчивости метеорологических воздействий и показателей предшествующего состояния водосбора в изменчивость параметров экстремальных гидрологических явлений.
- Результаты анализа условий формирования критического состояния водосбора, предшествующих экстремальным гидрологическим явлениям, включая метеорологические условия за предшествующий период и характеристики речного бассейна.
- Получены оценки долговременной изменчивости характеристик осадков (суммы и количество влажных дней за разные периоды, характеристики экстремальности осадков) и снежного покрова (запаса воды в снеге, продолжительностей периодов со снежным покровом и т.п.) по данным метеорологических наблюдений.
- Оценена эффективность воспроизведения режима экстремальных осадков с помощью современных модельных и спутниковых данных, получены алгоритмы коррекции этих данных путем их совместного анализа с данными стационарных наблюдений.

2. Проект РНФ № 14-17-00791 «Естественные ресурсы подземных вод России: современное состояние, использование и возможные изменения в ближайшие десятилетия», научный руководитель д.г.-м.н. Зекцер И.С.

Представлен прогноз использования пресных подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения в «нормальных» условиях по отдельным субъектам и федеральным округам Российской Федерации на уровень 2030 г. Оценена обеспеченность населения РФ утвержденными запасами пресных подземных вод на 2030 г. при различных нормах водопотребления на одного человека для различных климатических зон.

Проведена оценка влияния карьерной разработки рудных месторождений на ресурсы подземных вод в условиях многолетнемерзлых пород на примере золоторудных месторождений Восточной Сибири.

Рассчитаны статистические параметры многолетних изменений гидрометеорологических факторов формирования питания подземных вод в Западной, Средней и Восточной Сибири. Установлено, что многолетние изменения годовых и сезонных сумм атмосферных осадков, усредненных по рассматриваемым территориям в 1936–2011 и 1976–2011 гг., не характеризуются статистически значимыми линейными трендами на уровне значимости 95% и 99%.

Усовершенствована методика оценки уязвимости подземных вод к загрязнению и выполнена среднемасштабная оценка уязвимости грунтовых вод к загрязнению ^{137}Cs на территории Брянской области и построена соответствующая карта.

Разработаны рекомендации к формированию информационной базы для обоснования медико-экологических прогностических построений применительно к использованию подземных вод для питьевого водоснабжения.

Научно обоснована возможность адаптации современных методов прогнозирования медико-экологической обстановки, связанной с уровнем и характером инфекционной и неинфекционной заболеваемости, зависящей от прямого и косвенного воздействия водного фактора. Для анализа инфекционной заболеваемости принята методика «перспективного» и «ретроспективного» информационного моделирования эпидемического процесса.

3. Проект № 14-17-00672 «Новые факторы загрязнения водных объектов и меры по снижению его негативного воздействия на качество вод», научный руководитель чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян.

Разработана методика составления программы исследования лекарственного загрязнения водных объектов и выбора оптимальных схем анализа для проведения периодического контроля, включая иммунохимические. Описана последовательность сбора необходимой информации по объекту исследования, источникам загрязнения, загрязняющим веществам и т.д. Предложено создавать списки лекарств, которые с наибольшей вероятностью могут быть обнаружены в выбранных для исследования водных объектах.

Проведена оценка эффективности использования иммуноферментного анализа как доступной альтернативы хромато-масс-спектрометрическим методам для мониторинга качества вод. Показана их достаточная чувствительность на фоне реального органического и неорганического загрязнения вод.

Показаны преимущества флуоресцентных лидаров (ФЛ) при детектировании нефтяного загрязнения, позволяющих обнаруживать нефтяную пленку, наличие нефти в поверхностном слое воды, производить классификацию нефти и нефтепродуктов.

Предложена методология комплексного обоснования процессов выбора способов

очистки сточных вод и осадочных илов. Принятие решений базируется на оптимизации этих процессов с использованием экономико-математических моделей. Выбор способов очистки основывается на показателях параметров их физической эффективности, а также величине стоимости сооружений и затрат на их эксплуатацию.

Усовершенствован блок «Выбор очистных сооружений» математической модели WPI-RQC для расчета переноса и трансформации загрязняющих веществ (ЗВ) с учетом новых технологий очистки сточных вод. Модифицированный алгоритм позволяет учитывать новые потенциально опасные вещества – ксенобиотики, антибиотики, другие лекарственные препараты. База данных модели дополнена соответствующей информацией.

4. Проект РНФ № 14-17-00740 «Озера России – диагноз и прогноз состояния экосистем при климатических и антропогенных воздействиях», научный руководитель проекта чл.-корр. РАН Н.Н. Филатов (ИВПС Карельского НЦ РАН).

Предлагается комбинированный сценарий климатических изменений, базирующийся на композиции «парникового» и других эффектов. Исследование особенностей изменений климата позволило по-новому подойти к описанию климатической изменчивости Северного полушария в целом, и высоких широт Северного полушария, в частности. Этот подход позволяет дать описание не только роста температуры воздуха, вызванного эмиссией парниковых газов, но и естественной изменчивости климата (в частности наблюдавшегося похолодания в 1940-1970 гг.).

5. Проект РНФ № 14-17-00376 «Интегральная оценка и прогноз состояния водных ресурсов и их качества в пределах техногенно нарушенных геосистем углепромышленных территорий на основе комплексных геохимических, геофизических и экотоксикологических исследований», научный руководитель проекта чл.-корр. РАН А.М. Никаноров.

Выполнена программа полевых и экспедиционных работ (5 выездов), создан массив данных по токсичности вод и состоянию планктоноценозов в пределах техногенно нарушенных геосистем углепромышленных территорий региона исследований и на фоновых участках в 2015 г. Выявлена специфика методологических аспектов оценки экотоксичности вод малых рек сельскохозяйственной территории Восточного Донбасса в районе влияния техногенных шахтных вод.

5.3. Гранты Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

1. №13-05-00131 «Вихревые торы над подводными горами в океане», научный руководитель д.ф.-м.н. В.Н. Зырянов.

Выполнены экспериментальные исследования вихревых торов над возмущениями

дна во вращающейся однородной жидкости. Основная цель экспериментов – получить экспериментальное подтверждение формирования антициклонического топографического вихря над возмущением рельефа дна во вращающейся жидкости, его бифуркации вследствие потери устойчивости и возникновения на его фоне вторичных вихрей в виде торов.

Лабораторная установка сконструирована авторами и состоит из цилиндрической стеклянной банки высотой 38 см и диаметром 30 см, которая крепится на вращающейся с разными угловыми скоростями платформе. Система управления вращением создана на базе интегрированных плат Arduino.

В результате экспериментов четко обозначилась в виде тора структура движения жидкости в кольцевой области над уступом цилиндрического возмущения дна. Таким образом, впервые экспериментально удалось подтвердить теорию генерации вихревых торов над возмущениями дна во вращающейся жидкости.

2. №13-05-00141 «Исследование современных гидролого-морфологических и гидролого-экологических процессов в речных дельтах и разработка прогнозов изменения состояния дельт в различных географических условиях», научный руководитель к.г.н. М.В. Михайлова.

В 2015 г. получены следующие результаты:

- на основе анализа обширного материала выявлены особенности распределения на земном шаре дельт выполнения и дельт выдвигания разных размеров; для каждого типа дельт найдены количественные связи между их площадью и длиной;

- выявлены основные гидролого-морфологические последствия крупных местных водохозяйственных и гидротехнических мероприятий в речных дельтах;

- разработаны методы расчета последствий обвалования, углубления, спрямления, перекрытия рукавов дельт.

3. №13-05-00197 «Исследование современного состояния и перспектив использования пресных подземных вод для водоснабжения населения», научный руководитель д.г.-м.н. И.С. Зекцер.

Оценены общие прогнозные ресурсы подземных вод с минерализацией до 3 г/л на территории РФ. Их величина составляет 869,1 млн.м³/сут, однако по субъектам РФ они распределены крайне неравномерно. Наибольшие величины прогнозных ресурсов приурочены к Ханты-Мансийскому АО, Республике Коми, Томской области и Камчатскому краю, наименьшие – в Мурманской области, республиках Карелия и Калмыкия.

Величина утвержденных запасов подземных вод составляет 93,3 млн. м³/сут, при этом на цели хозяйственно-питьевого водоснабжения идет всего лишь 16%. Такое соотно-

шение дает основание некоторым специалистам делать вывод о возможности прекращения поисково-разведочных работ и изучения условий формирования запасов подземных вод. Это принципиально неверно, поскольку превышение утвержденных запасов над их использованием справедливо только для крупных территорий России; кроме того, утвержденные запасы подземных вод распространены крайне неравномерно по территории РФ.

4. №13-05-00202 «Оценка изменений стока рек всего мира в XXI веке с учетом специфики различных типов рек и параметров речных бассейнов и с учетом всех неопределенностей прогноза», научный руководитель д.г.н. С.Г. Добровольский.

Изучено влияние возможных естественных изменений глобального климата на значимость и ошибки сверхдолгосрочных прогнозов речного стока. Показана необходимость учёта при прогнозировании ещё одного, очень важного фактора неопределенности оценок стока в XXI веке: возможные *естественные* изменения глобального климата. Результаты расчётов показывают, что учет неопределенностей прогнозов стока вследствие естественных изменений климата особенно важен в регионах, для которых прогнозируются наибольшие изменения стока: на севере Северной Америки и Евразии, в регионе «Большого Средиземноморья» и на севере Южной Америки. Основной вывод из работ в рамках проекта заключается в том, что проводимые в настоящее время многочисленные исследования влияний будущих климатических изменений на водные ресурсы целесообразно переориентировать с попыток прогноза однонаправленных изменений – на расчеты растущей неопределенности оценок с учетом всех факторов неопределенностей.

5. №13-05-00462 «Природные (геологические, геокриологические) риски, страхование», научный руководитель д.г.-м.н. И.В. Чеснокова.

Обработан уникальный массив данных о суммарном воздействии геокриологических процессов на 75-километровую трассу Чара-Чина (Северное Забайкалье). Проведено районирование территории с проявлениями опасных геокриологических процессов. Полученные данные свидетельствует о потеплении мерзлоты, наблюдаемом на глубине проникновения сезонных колебаний температуры. Очевидно, что с этим необходимо связывать развитие и других процессов (термокарст, речная эрозия, наледеобразование, развитие бугров пучения, динамика ледников, эволюция растительных сообществ, гидрологический режим водных объектов).

6. №13-05-00463 «Геострофические вихри: взаимодействие, устойчивость, хаос», научный руководитель д.ф.-м.н. М.А. Соколовский.

В 2015 г. основное внимание уделено исследованию механизмов взаимодействия

между внутритермоклинными и синоптическими вихрями в рамках модели трехслойного океана. Линзы располагаются в среднем слое, а мезомасштабные круговороты сосредоточены либо в верхнем слое, либо в верхнем и нижнем слоях. На основе численного моделирования этих взаимодействий получен важный результат, который объясняет эффект задержки линз в некоторых местах океана при их дрейфе под действием крупномасштабного движения. Установлено, что застойные зоны представляют собой области, находящиеся в окрестности границ разнонаправленных поверхностных и придонных вихрей.

В рамках пятислойной квазигеострофической модели проведено исследование устойчивости круговых вихрей с возмущенными нормальными модами. Численные эксперименты подтвердили результаты линейного анализа неустойчивости. Проведено исследование скалярной адвекции, вызванной движением пары дискретных вихрей в окрестности модельной подводной возвышенности.

7. №13-05-00562 «Исследования предсказуемости опасных гидрологических явлений на основе математических моделей их формирования в речных бассейнах с использованием долгосрочных метеорологических прогнозов», научный руководитель д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан.

Впервые в отечественной практике разработана методика построения ансамблевых долгосрочных прогнозов сезонного (весеннего и летнего) стока на основе математической модели его формирования в речном бассейне (на примере бассейна Чебоксарского водохранилища) с использованием сезонных метеорологических прогнозов, включая:

- методы усвоения данных долгосрочного (сезонного) метеорологического прогноза в гидрологических моделях;
- методы учета данных долгосрочного метеорологического прогноза при выборе возможных сценариев метеорологических условий за период заблаговременности ансамблевых прогнозов весеннего половодья и гидрологической засухи.

Оценена предсказуемость опасных гидрологических явлений с учетом влияния качества долгосрочных метеорологических прогнозов. Показано, что использование сезонных прогнозов погоды для выбора вероятных сценариев метеорологических условий за период заблаговременности позволяет уменьшить дисперсию вероятностного прогноза характеристик весеннего половодья и повысить эффективность прогноза.

8. №13-05-41095 «Экспериментальные исследования экстремального воздействия волновых процессов на подводные преграды литологического генезиса в реках, устьях и шельфе», научный руководитель д.т.н. В.К. Дебольский.

Продолжены лабораторные экспериментальные исследования возникновения и развития гравитационных водных потоков на дне в гидравлической модели, вращающейся с различной частотой, а также параметров трансформаций и катастрофического обрушения преград литологического генезиса в зависимости от параметров волнения и течения.

Выполнено численное моделирование лабораторных исследований с целью проверки целесообразности использования пакета программ ANSYS. Результаты моделирования совпали с результатами исследований первого этапа. Дополнительно детально изучено поведение траекторий течения в бассейне, поля скоростей. Выявлена вторичная циркуляция воды в бассейне в радиальном направлении на поверхности воды (от центра бассейна к боковым стенкам), а около дна бассейна от боковых стенок к его центру (первичная циркуляция).

9. № 13-05-41007 (проект РФФИ-РГО) «Анализ природы климатических изменений Европейской территории России и сценарный прогноз уровня режима Каспийского моря», научный руководитель д.т.н. А.В.Фролов.

Проведен комплексный анализ результатов численного моделирования транспорта тепла и влаги западным переносом на ЕТР и бассейн Каспийского моря. Исследованы климатические изменения в бассейне Каспийского моря. Выполнен анализ влияния изменений климата Северной Атлантики на гидрологический режим Каспийского моря и его водосбора с привлечением индексов атмосферной и океанической циркуляции. Обоснованы причинно-следственные связи между динамикой уровня Каспийского моря и климатическими вариациями Северной Атлантики.

10. № 14-06-00016 «Развитие экономических механизмов управления водопользованием в условиях неопределенности», научный руководитель чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян.

Предложена методология согласования интересов пользователей водохозяйственной системы (ВХС), конкурирующих как за воду, так и за право сброса загрязнений. Подход основан на комплексе математических моделей обоснования долгосрочных стратегий водопользования и водоотведения, адаптируемых к возможным вариациям условий функционирования ВХС. Комплекс моделей включает оптимизационные и имитационные модели, переменные которых соответствуют как текущим объемам водных ресурсов и массам примесей, варьируемым при различных реализациях стохастических условий, так и их гарантированным значениям, от исходов стохастических условий не зависящим.

Рассмотрены схемы экономических механизмов обязательного и добровольного страхования рисков водопользования и водоотведения, обусловленных отклонениями ре-

альных значений показателей режимов функционирования ВХС от их гарантированных величин. Проведен анализ влияния страхования на управление потреблением водных ресурсов и сбросом загрязнённых сточных вод. Изучено взаимодействие страховщиков со страхователями – пользователями водных ресурсов. Найдены соотношения между страховым тарифом и нормативом страхового возмещения, при котором страховой взнос обеспечивает покрытие расходов, связанных с возмещением ущерба, а возмещение наибольшего ущерба значительно превосходит страховой взнос. На модельном примере показана предпочтительность добровольного страхования.

11. №14-05-00027 «Оценка изменений составляющих водного баланса речных бассейнов российской части Панарктического региона в XXI веке на основе физико-математической модели тепловлагообмена подстилающей поверхности суши с атмосферой SWAP», научный руководитель д.б.н. Е.М. Гусев.

Исследована робастность модели SWAP. Доказано, что значения параметров модели, полученные при одних климатических условиях (сухой и холодный климат) можно успешно применять для расчетов стока рек пан-Арктического бассейна России при изменившемся климате (теплый и влажный климат). Сделан вывод о возможности применения модели SWAP для прогностических оценок изменения речного стока вследствие возможного изменения климата.

Оценена способность модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) INMCM 4.0 (Institute of Numerical Mathematic Climate Model, версия 4.0), разработанной в ИВМ РАН, воспроизводить ряды метеорологических характеристик и речного стока для ряда бассейнов северных рек. Получены оценки изменения стока рек Северной Двины, Колымы, Мезени и Индигирки до 2100 г. с применением моделей SWAP и INMCM 4.0 для двух сценариев эмиссии парниковых газов: высокий уровень эмиссии (RCP8.5) и средний (RCP4.5), подготовленных для CMIP5.

Разработана методика оценки минимальной неопределенности расчетов составляющих водного баланса, вызванной «климатическим шумом», с целью получения границ точности прогнозируемых значений составляющих водного баланса речных бассейнов северных рек РФ. Для бассейнов рек Индигирки, Лены и Северной Двины проиллюстрировано, как климатический шум определяет нижний предельный уровень неопределенности оценки метеорологических характеристик и оценок характеристик гидрологической системы.

12. № 14-05-00555 «Пожары на болотах: экологические последствия и динамика восстановления», научный руководитель к.г.-м.н. Н.П. Ахметьева.

Продолжены многолетние полевые исследования на 4-х болотах: Галицкий мох,

Озерецко-Неплюевское (Тверская обл., Конаковский район), Журавлиная родина (Московская область, Талдомский район), Радовицкий мох (Московская обл., Шатурский район). Отобрано и проанализировано 40 образцов торфа и 5 проб воды; проведено описание восстанавливающейся после пожаров растительности с составлением таблиц по баллам обилия по шкале Друде (Галицкий и Радовицкий мох); сделана визуальная оценка эффективности проведенных мелиоративных работ по обводнению болот (Журавлиная родина и Радовицкий мох). Выполнены лабораторные исследования по изучению сорбционных свойств пирогенных торфов по отношению к органическим веществам.

13. № 14-05-00341 «Современные условия формирования зимнего стока – показателя восполнения ресурсов поверхностных и подземных вод», научный руководитель д.г.-м.н. Р.Г. Джамалов.

Оценены масштабы и степень влияния характеристик зимнего стока на режим внутригодового и многолетнего стока рек. Исследованы: характеристики среднемесячных расходов зимнего стока за период 1940–2010 гг., для которых выполнена оценка их пространственно-временной изменчивости; доля зимнего стока по отношению к годовому и другим фазам водного режима гидрологического года; величина минимального и максимального среднемесячного расхода за зимний период и др.

Анализируемые в проекте бассейны ЕЧР разделены на три части: реки Северного края (Онега, Мезень, Печора, Северная Двина), бассейн р. Волги (Верхняя Волга, Нижняя Волга, бассейн р. Камы, бассейн р. Оки) и бассейн р. Дон. Такое разделение показало пространственные различия в изменении величины зимнего стока в зависимости от климатических особенностей его формирования.

Полученные величины зимнего стока и их соотношение с годовым стоком и другими генетическими составляющими исследованы графоаналитически и статистически для оценки их достоверности и значимости.

14. № 14-05-00584 «Развитие методов ансамблевых гидрологических прогнозов с учетом неопределенности в исходной гидрометеорологической информации и гидрологических моделях», научный руководитель д.ф.-м.н. Л.С. Кучмент.

С помощью модели формирования стока на водосборе р. Дон (до г. Лиски) проведены численные эксперименты для разработки методов ассимиляции вновь поступающей информации и уменьшения неопределенности при краткосрочных прогнозах стока. Выполнены следующие исследования:

- оценка неопределенности краткосрочных прогнозов при различных способах задания входной метеорологической информации на период заблаговременности;

- учет неопределенности в начальных условиях на основании ассимиляции данных наблюдений с помощью ансамблевого фильтра Калмана и байесовского осреднения;
- разработка подходов для учета неопределенности в используемых для прогнозов моделях и их параметров;
- оценка возможностей объединения неопределенности разного происхождения теоретическим или эмпирическим путем и повышения заблаговременности ансамблевых прогнозов на основе учета неопределенности прогнозов.

15. № 14-05-90015 «Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод бассейна р. Западная Двина» (совместный Российско-Белорусский грант), научный руководитель д.г.-м.н. И.С. Зекцер.

Выполнена оценка возможных изменений приземной температуры воздуха и количества атмосферных осадков в бассейне р. Западная Двина в XXI веке. В период 2005-2015 гг. в Беларуси и на территории бассейна Западной Двины продолжалось потепление климата, начавшееся в конце 1980-х годов. Среднегодовая температура воздуха в эти годы изменялась в пределах 6,8-8,0°C, что выше многолетней климатической нормы на 1,0-2,0°C. За этот период годовое количество атмосферных осадков в бассейне р. Западная Двина изменялось от 638 до 811 мм. При этом самым «влажным» оказался 2009 г. (124% от климатической нормы).

Высказано предположение, что с учетом времени полного возобновления подземных вод зоны активного водообмена поверхностные и подземные воды бассейна р. Западная Двина не являются уязвимыми к климатическим воздействиям последних и ближайших десятилетий. Вместе с тем, из-за наличия серьезных и на данный момент неустраняемых неопределенностей, любое суждение относительно влияния климатических вариаций в масштабах времени порядка десятилетий на подземные воды нельзя считать окончательным.

Оценена обеспеченность населения восполняемыми ресурсами подземных вод по отдельным населенным пунктам.

Выполнены оценка и картирование защищенности подземных вод от загрязнения с поверхности земли на изучаемой территории. Показано, что условия защищенности подземных вод от загрязнения нейтральными загрязняющими веществами и другими токсичными веществами следует отнести к неудовлетворительным.

16. № 14-05-31292 «Исследование перспектив искусственного восполнения и особенностей формирования качества ресурсов пресных подземных вод юга Европейской территории России», научный руководитель А.В. Четверикова.

Проведен подробный анализ техногенной нагрузки на подземные воды юга Евро-

пейской территории России. Установлено, что наибольшую техногенную нагрузку оказывает их добыча на водозаборах, а также водохозяйственная деятельность; разработка месторождений углеводородного сырья, его хранения и транспортировки; рудничные отвалы; городские свалки; машиностроительная отрасль; металлургия; разработка карьеров нерудного сырья. Показано, что процессы формирования качества на водозаборах с искусственным восполнением зависят от «самоочищения» воды в процессе фильтрации и от смешения ее с подземными водами.

17. № 15-05-00342-А «Моделирование переноса примесей потоками в размываемых руслах, подверженных термоэрозии», научный руководитель д.т.н. Е.И. Дебольская.

Проведены экспериментальные исследования по изучению деформаций береговых склонов и переноса примесей потоками в размываемых руслах в лотке циркуляционного действия Российского университета дружбы народов.

Разработан деформационный блок математической модели этого процесса – для моделирования переноса наносов водным потоком, расчета деформаций и модуля переноса примеси. Показано, что существенную роль в процессе распространения примеси играют возникающие за счет деформаций поперечные скорости водного потока. Выявлено влияние формы поперечного сечения деформируемого русла на распространение примеси.

18. № 15-05-03127 «Анализ климатических изменений Арктики и возможности использования Северного морского пути на долгосрочную перспективу», научный руководитель к.г.н. И.В. Соломонова.

Сформированная ранее авторами база данных (БД) гидрометеорологических характеристик в Арктическом регионе (60 – 90°с.ш.) дополнена данными стационарных наблюдений за 2012-2014 годы.

Проведен совместный пространственно-временной корреляционный анализ нескольких баз данных реанализа – CORE (Datasets for Common Ocean-ice Reference experiments), NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction) и Era-interim (ERA-Interim Archive at ECMWF) с указанной выше БД для оценки возможности её использования для решения поставленных задач в рамках проекта.

19. № 15-05-06160 «Разработка и совершенствование нелинейных динамико-стохастических моделей многолетних гидрологических процессов: изменения уровней воды в озерах, стока с речных водосборов и минерализации гипергалинных озер», научный руководитель д.т.н. А.В. Фролов.

Построена и исследована трехкомпонентная (приток в озеро – воды озера – сток из

озера) нелинейная модель многолетних колебаний уровня проточного озера. Для частного случая нелинейности получено аналитическое решение, в более сложных случаях использован метод имитационного статистического моделирования. Определены плотности распределения вероятностей уровня Каспия для различных сценариев водного баланса моря.

На основе разработанного ранее авторами алгоритма выполнено моделирование с месячной дискретностью поверхностного притока в Большое Яшалтинское озеро и эффективного испарения с его акватории как 24-х компонентного случайного векторного процесса с заданными характеристиками (средние, дисперсии, коэффициенты авто- и взаимной корреляции).

20. № 15-05-09022 «Исследование и моделирование формирования качества речных вод в условиях интенсивной антропогенной деятельности на водосборе», научный руководитель к.г.н. рук. Т.Б. Фащевская.

Исследованы пространственно-временные закономерности и причинно-следственные связи изменения качества речных вод на основе данных гидрохимического и водохозяйственного мониторинга. Собраны и систематизированы данные о точечных и неточечных источниках поступления загрязняющих веществ в водные объекты в пределах исследуемых водосборов, гидрохимического мониторинга в различных точках речной сети в пределах исследуемых водосборов. Подготовлены к государственной регистрации 2 базы указанных данных. Разработана методика определения соотношения природных и антропогенных факторов формирования гидрохимического стока городского водотока. Определены обеспеченности значений показателей качества речных вод в бассейне р. Белой в различные фазы водного режима.

Получено 2 гранта РФФИ на проведение научных мероприятий:

1. № 15-05-20465-г. на организацию и проведение Всероссийской научной конференции «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года» (г. Петрозаводск, 06-11 июля 2015 г.).

2. № 15-05-20694-г. на организацию и проведение Четвертой Всероссийской конференции с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов» (г. Москва, 15-19 сентября.2015 г.).

II. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА

Практическая реализация результатов исследований осуществлялась при выполнении государственных контрактов, хоздоговорной тематики, путем публикации статей и монографий и др. В отчётном году реализованы 4 разработки (получены свидетельства о государственной регистрации); подано 2 заявки на государственную регистрацию результатов завершённых научных исследований, переданы заказчикам для внедрения 12 законченных работ.

Реализованные разработки

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015614109 от 07.04.2015 г. «Программа виртуальной оценки безопасности химических соединений». Правообладатель: ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук (RU). Авторы: Авандеева О.П., Баренбойм Г.М., Козлов М.Н., Ложкин В.В., Савека А.Ю., Степановская И.А., Чиганова М.А.

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620292 от 17.02.2015 г. «База данных по наводнениям мира (с детализацией по России)». Правообладатель – ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук. Авторы: Истомина М.Н., Добровольский С.Г.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662644 от 30.11.2015 г. «SWAP (Soil Water – Atmosphere – Plants)». Правообладатель – ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук. Авторы: Гусев Е.М., Насонова О.Н.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663518 от 22 декабря. 2015 г. «Сведения о качестве водных ресурсов рек ЕТС». Авторы: Фащевская Т.Б. и др.

Законченные и переданные для внедрения разработки

Работы, направленные на государственную регистрацию

1. Подана заявка на выдачу патента РФ № 2015135899 от 26.08.2015 г. «Система раннего обнаружения течи подводного нефтепровода». Авторы: Авандеева О.П., Баренбойм Г.М., Борисов В.М., Данилов-Данильян В.И., Христофоров О.Б.

2. Подана заявка на государственную регистрацию базы данных «Количественные и качественные характеристики источников загрязняющих веществ на водосборе р. Белой».

Работы по государственным контрактам и договорам

Федеральная целевая программа

«Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах»

1. Государственный контракт с Министерством природных ресурсов и экологии РФ по теме *«Научное обоснование мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги»*.

1.1. Проведена классификация Западных подстепных ильменей и районирование их территории; предложен эскизный проект водопропускного сооружения из Волгоградского водохранилища в старое русло р. Ахтубы. На основе математического моделирования прохождения половодья в бассейне Нижней Волги предложены рекомендации по оптимизации управления водохозяйственным комплексом.

1.2. Разработана «Концепция рационального использования водных ресурсов и устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранения уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы». Обоснованы принципы работы регулирующих сооружений и рекомендации по ограничению водопользования, сформулированы требования по проведению мониторинга состояния экосистемы Нижней Волги, как основа для оценки эффективности предлагаемых мероприятий и конструктивных решений.

Материалы переданы заказчику – Минприроды РФ.

2. Государственный контракт с Федеральным агентством водных ресурсов по теме *«Оценка связи (влияния) уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) с его экологическим состоянием и современными социально-экономическими требованиями региона в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности. Анализ нормативных правовых основ регулирования стока и предложения по их совершенствованию»*

2.1. Обоснованы предложения по сбалансированному регулированию уровня режима озера Байкал с учетом экологических и социально-экономических требований региона в условиях нормальной, экстремально высокой и экстремально низкой водности, а также по совершенствованию нормативной правовой базы регулирования уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища).

Материалы переданы заказчику – Федеральному агентству водных ресурсов.

3. Программа развития ООН Глобального экологического фонда (ПРООН ГЭФ) и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России

Проект «Организация и выполнение мониторинга (включая предпроектный мониторинг) состояния биоразнообразия в зонах воздействия проектируемых, строящихся и эксплуатируемых гидроэнергетических объектов в Амурской области»

3.1. Сформулированы предложения по сохранению биоразнообразия в зонах влияния гидроэнергетических объектов в Амурской области, в частности: временное ограничение охоты, биотехнические мероприятия, регулирование рекреации, укрепление сети ООПТ в зоне влияния Бурейского водохранилища. Часть из этих предложений уже реализована, остальные планируются к реализации в зоне влияния строящегося Нижне-Бурейского гидроузла. На основании данных зоологического мониторинга в пределах рассматриваемых водосборных бассейнов по инициативе и прямом участии руководства Зейского и Хинганского заповедников было создано 4 новых и реорганизована одна существующая ООПТ, что позволило увеличить площадь ООПТ Приамурья на 4200 км². В настоящее время, согласно предложенным рекомендациям, в зоне влияния Бурейского каскада создается природный парк.

Материалы переданы заказчику – Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

4. Договор № 246 ЮК/15 от 17.03.2015 с ОАО «Южный Кузбасс» по теме *«Оценка воздействия сточных вод разреза «Сибиргинский» на окружающую среду и оптимизация системы водоохраных мероприятий с учетом экологических и экономических факторов»*

4.1. Разработана схема регламентного отведения сточных вод по водовыпускам карьерных вод №№ 2, 3, 4 разреза «Сибиргинский».

4.2. Обоснованы рекомендации по совершенствованию системы мониторинга поверхностных водных объектов. Нагрузки на водные объекты могут считаться допустимыми, если их последствия не отражаются на комплексе гидробиологических, гидрохимических, гидродинамических параметров, характеризующих состояние водного объекта.

4.3. Разработан комплекс мероприятий по решению проблемы минимизации воздействия на р. Мрас-Су.

Материалы переданы заказчику – ОАО «Южный Кузбасс»

5. Договор № 20 от 06 июня 2014 г с ОАО «Уралкалий» по теме *«Разработка пилотного проекта по установлению региональных нормативов качества воды для водных объектов Соликамско-Березниковского промузла»*.

5.1. Предложена методология установления региональных нормативов качества воды водных объектов Соликамско-Березниковского промузла; определен перечень приоритетных веществ, рекомендованных для установления нормативов качества воды. Разрабо-

таны региональные нормативы качества воды водных объектов Соликамско-Березниковского промузла, обоснован перечень рекомендуемых мероприятий по их утверждению.

Материалы переданы заказчику – ОАО «Уралкалий».

6. Договор № НИР-15-03 от 12 октября 2015 с ОАО «Мосводоканал НИИпроект» *«Оценка рисков негативного воздействия водно-спортивной базы, расположенной на земельном участке с кадастровым номером 50:12:0080102:180 в береговой зоне Клязьминского водохранилища, на окружающую среду на основании гидрометеорологических и гидродинамических характеристик территории размещения данного объекта, а также его прогнозируемой антропогенной нагрузки с учетом водоохранного и санитарно-эпидемиологического законодательства».*

6.1. Разработаны прогнозы: уровня антропогенной нагрузки водно-спортивной базы (далее «База») на качество воды водохранилища; возможного негативного воздействия на окружающую среду и качество воды с учетом экстремальных метеорологических условий.

Полученные результаты направлены на повышение безопасности для окружающей среды и Северной станции водоподготовки при создании *водно-спортивной базы* в береговой зоне Клязьминского водохранилища, с учетом водоохранного и санитарно-эпидемиологического законодательства.

Материалы переданы заказчику – ОАО «МосводоканалНИИпроект».

7. Договор с филиалом ПАО «РусГидро» – «Бурейской ГЭС» по проекту «Создание и ввод в эксплуатацию программы для ЭВМ «Подсистема формирования стока в бассейне Бурейского водохранилища».

7.1. Разработана модель формирования речного стока в бассейне р. Бурья на базе информационно-вычислительного комплекса ЭКОМАГ, которая проверена по данным гидрометеорологических наблюдений за многолетний период

7.2. Создан пользовательский интерфейс, реализующий расчеты гидрографа стока р. Бурья и включающий гидрологическую модель, базы исходных данных и ГИС-приложение.

Материалы переданы заказчику – филиалу ПАО «РусГидро» – «Бурейской».

III НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА

Участие в организации и проведении научных мероприятий

Институт организовал и провел 3 крупных научных мероприятия.

1. Всероссийская научная конференция «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.»; организована совместно с Научным советом Отделения наук о Земле РАН «Водные ресурсы суши» и с Институтом водных проблем Севера Карельского НЦ РАН (г. Петрозаводске, июль 2015 г.). В её работе приняли участие более 130 ученых и специалистов, представляющих институты Федерального агентства научных организаций, Федерального агентства водных ресурсов, ведущие вузы страны, организации Минприроды РФ, Росгидромета и других ведомств, проектные и производственные организации (всего 29 организаций из 17-ти городов России), а также специалист РГП Казгидромета (Республика Казахстан). В составе участников: один академик РАН, 2 чл.-корр. РАН, 33 доктора наук, 43 кандидата наук.

Основная цель конференции – рассмотрение приоритетных научных проблем, направленных на реализацию Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. (далее Водная стратегия РФ), в их числе:

- совершенствование методов и моделей оценки и прогнозирования ресурсов и режима поверхностных и подземных вод в условиях нарастающего антропогенного воздействия и неопределённости климатических и гидрологических характеристик;
- развитие методов прогнозирования процессов формирования и восстановления качества вод в природных объектах; определения допустимых воздействий на водные и околоводные экосистемы, в том числе крупнейших озёр России – Байкала, Ладожского, Онежского, Каспийского моря-озера и др. при различных сценариях антропогенной деятельности и изменений климата;
- совершенствование методов и технологий, направленных на повышение эффективности водоохранной деятельности, обеспечение экологически безопасного водопользования и улучшение экологического состояния водных объектов;
- разработка методологии и технологий управления риском катастрофических гидрологических явлений различного генезиса в условиях меняющегося климата и антропогенной нагрузки на водные объекты и их водосборы;
- обоснование научных и технологических основ автоматизированных крупномасштабных систем комплексного мониторинга водных объектов суши и их водосборов;
- совершенствование методологии интегрированного управления водными ресурсами

применительно к гидрологическим, климатическим, экологическим, экономическим и социальным условиям России.

Работа конференции осуществлялась по 5-ти секциям (направлениям):

I. Совершенствование методов и моделей оценки и прогнозирования ресурсов и режима поверхностных и подземных вод в условиях нарастающего антропогенного воздействия и неопределённости климатических и гидрологических характеристик;

II. Развитие методов прогнозирования процессов формирования и восстановления качества вод, определения допустимых воздействий на экосистемы при различных сценариях антропогенной деятельности и климатических изменений;

III. Озёра России: проблемы оценки состояния и прогноза изменений;

IV. Разработка методологии и технологий управления риском экстремальных гидрологических явлений различного генезиса в условиях меняющегося климата и антропогенной нагрузки на водные объекты и водосборы;

V. Совершенствование методологии интегрированного управления водными ресурсами и водоохранной деятельностью применительно к гидрологическим, климатическим, экологическим, экономическим и социальным условиям России.

Было заслушано 85 пленарных и секционных докладов. В рамках конференции проведен Круглый стол «Совершенствование законодательной базы для восстановления и охраны ресурсов крупнейших озёр России».

Материалы конференции опубликованы в сборнике научных трудов (в 2-х томах).

Конференция организована при финансовой поддержке Федерального агентства водных ресурсов, Российского фонда фундаментальных исследований, ОАО «РусГидро».

2. Четвертая Всероссийская конференции с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов»; организована совместно с Научным советом Отделения наук о Земле РАН «Водные ресурсы суши» и Институтом географии РАН (г. Москва, сентябрь 2015 г.).

В работе конференции приняли участие более 140 учёных и специалистов из 44 организаций, представляющих Отделение наук о Земле РАН, Уральское, Сибирское, Дальневосточное отделения РАН, Кабардино-Балкарский, Карельский, Кольский научные центры РАН, национальные академии наук Казахстана и Белоруссии, ведущие вузы страны, Росгидромет и другие ведомства, а также проектные и производственные организаций России, Сербии, Словакии и Словении. В составе участников один академик, три члена-корреспондента РАН, 54 доктора наук и 56 кандидатов наук.

На конференции обсуждались актуальные вопросы, связанные с истощением водных ресурсов, возрастанием повторяемости экстремальных гидрологических явлений и дегра-

дацией водных экосистем. Программа конференции включала три пленарных заседания и пять секционных:

- Пленарные доклады.
- Секция 1. Актуальные проблемы гидрологии, гидрофизики, гидрохимии, экологии и пути их решения (подсекция 1.1 – Гидрология; подсекция 1.2 – Гидрофизика; подсекция 1.3– Гидрохимия; подсекция 1.4 – Экология).
- Секция 2. Роль природных и антропогенных факторов в формировании водных ресурсов (подсекция 2.1 – Поверхностные водные ресурсы; подсекция 2.2 – Подземные водные ресурсы).
- Секция 3. Проблемы лимнологии и экологии крупных озер и водохранилищ.
- Секция 4. Водопользование и управление водными ресурсами.
- Секция 5. Гидрологические прогнозы.

Всего было заслушано 109 докладов; на стендовой сессии были представлены и обсуждены 32 доклада.

Материалы конференции опубликованы в сборнике научных трудов.

Конференция организована при финансовой поддержке Федерального агентства водных ресурсов и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

3. 9-ая международная научная конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность» (г. Москва, 30 ноября – 1 декабря 2015 г.), организованная Институтом водных проблем РАН под эгидой кафедры ЮНЕСКО «Управление водными ресурсами и экогидрология» при ИВП РАН при участии членов Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши».

Работа конференции осуществлялась по 3-м объединенным секциям:

- Устойчивое развитие и природные ресурсы в мировой и российской экономике: управление, использование, охрана.
- Математическое моделирование в гидрологии, ресурсы и рациональное использование подземных вод.
- Современные задачи гидрологии и экологии, мониторинга, прогноза окружающей среды и природных катастроф.

В работе конференции приняли участие более 70 учёных, преподавателей вузов, молодых учёных и специалистов из 44 организаций, из них 62 молодых учёных России, Китая, Ирана, Вьетнама, Узбекистана. Всего было заслушано 32 доклада.

Материалы конференции опубликованы в сборнике научных трудов. Лучшие доклады по каждой секции были премированы грамотами и памятными подарками.

Институт участвовал в организации и проведении XIII-ой Международной конференции «Государственное управление: Российская Федерация в современном мире», организованной факультетом государственного управления МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, май 2015 г.).

Сотрудники Института в 2015 г. выступали с докладами на крупных международных и всероссийских симпозиумах, конференциях, семинарах и др. Всего было представлено 255 докладов (в том числе 33 – за рубежом).

Поручения государственных органов, Президиума РАН

Сотрудники Института участвовали в подготовке материалов по поручениям Президента РФ, Правительства РФ, МЧС России, Минприроды РФ, Президиума РАН и др. В числе основных документов можно отметить следующие.

1. Заключение на проект ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.» – поручение ОНЗ РАН.
2. Предложения для включения в план работы Правительственной комиссии по вопросам природопользования и охраны окружающей среды на 2015 и 2016 гг. – поручение Правительства РФ.
3. Заключение на согласование проекта постановления Правительства РФ «О внесении изменений в ФЦП. Охрана оз. Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 гг.». – поручение ОНЗ РАН
4. Предложения о работе группы экспертов по подготовке материала по проблеме перераспределения стока сибирских рек – поручение администрации Президента РФ.
5. Информационно-аналитические материалы по вопросу «Об угрозах национальной безопасности в сфере водопотребления на территории РФ» – поручение вице-президента РАН, академика Н.П. Лаверова для Совета безопасности РФ.
6. Предложения по актуализации Водной стратегии РФ на период до 2020 г. и научному обеспечению ее реализации – поручение Министра природных ресурсов и экологии РФ С.Е. Донского.
7. Предложения и замечания на проект технического задания (Рабочее задание влияния на окружающую среду и оценку социального влияния проекта «Шурэнская ГЭС») – запрос Федерального агентства водных ресурсов.
8. Информационная записка о состоянии водоснабжения г. Москвы подземными водами – поручение ФСБ РФ.
9. Заключение по Проекту плана научно-методических и информационных работ ФГБУ РосНИИВХ в рамках государственного задания на 2015-16 гг. и 2017-18 гг. – запрос

Федерального агентства водных ресурсов.

10. Предложения по вопросу оценки опасности планируемого правительством Монголии гидротехнического строительства в бассейне р. Селенги – обращение международной экологической коалиции «Реки без границ».
11. Аналитическая записка по вопросу о перераспределении стока сибирских рек – поручение советника Президента РФ по вопросам климата А.И. Бедрицкого.

Участие в работе научных советов, комитетов, комиссий

Ведущие специалисты Института участвуют в работе международных организаций – ЮНЕП, ЮНЕСКО, МАГ, МАГИ, МАГН, МАГАТЭ, GEM, IANR, ICOLD, Американского геофизического союза, Европейского союза геофизических наук и др.; Комиссии по гидрологии снега и льда Международной Ассоциации гидрологических наук, Международной комиссии по большим плотинам ЮНЕПКОМ, Международной академии устойчивого развития (г. Карлсруе, ФРГ) и др. Специалисты Института входят в состав экспертных и научных советов и комиссий, в том числе: экспертного совета при Председателе Совета Федерации Федерального собрания РФ, Научно-экспертного совета Госкомиссии по вопросам развития Арктики, Правительственной комиссии по вопросам природопользования и охраны окружающей среды, Комиссии по экологической безопасности Совета безопасности РФ, Комитета РАН по системному анализу, научных, научно-технических и экспертных советов РАН, Минобрнауки РФ, Минприроды РФ, Федерального агентства водных ресурсов, «РусГидро», Фонда «Устойчивое развитие», Общественного совета Минприроды РФ, Общественного совета Федерального агентства водных ресурсов, Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши» и др.; являются председателями и членами международных и все-российских комитетов, комиссий, проблемных научных и диссертационных советов. Сотрудники Института работают в редколлегиях журналов: «Водные ресурсы», «География», «Аридные экосистемы», «Вода, химия, экология», «Биосфера», «Век глобализации», «Экологическое планирование и управление», «Метеорология и гидрология», «Инженерная экология»; «Водоснабжение и канализация», «Стандарты и качество», «Недропользование–XXI век» и др.; международных журналов: «Hydrology», «Hydrological sciences», «The Global Atmosphere and Ocean System», «Journal of hydrology and hydromechanics», «Hydrology and Earth System Sciences», «Open Hydrology Journal», «Earth System Science Data», «AQUA mundi», «Environmental geology»; участвуют в разработке федеральных целевых и ведомственных программ и экспертизах крупных проектов.

Деятельность Ученого совета и его секций

В отчетном году состоялось 11 заседаний Ученого совета, на которых рассмотрены сообщения по тематике фундаментальных исследований; программах и планах научно-исследовательских работ Института; вопросы, связанные с выполнением «Плана мероприятий по повышению эффективности деятельности Института водных проблем РАН на основе целевых показателей (дорожная карта), совершенствованием системы оплаты труда»; темы и планы работ аспирантов; положения о работе аспирантуры, отчёты по государственным контрактам, итоги оценки показателей результативности научной деятельности; внесение изменений в структуру Института; вопросы финансовой и научно-организационной деятельности.

Регулярно работали секции Ученого совета «Гидрология суши, водные ресурсы, управление» и «Качество вод и экология», а также общеинститутский теоретический семинар под руководством чл.-корр. РАН В.И. Данилова-Данильяна.

В декабре с.г. проведена итоговая научная сессия Ученого совета по рассмотрению результатов выполнения государственного задания и отчёта о научной, научно-организационной и финансовой деятельности Института за 2015 г.

Сведения о научных кадрах

В настоящее время общая численность Института составляет 214 человек, в том числе научных сотрудников – 130 (из них докторов наук – 41, кандидатов наук – 74). В составе научных кадров: 2 члена-корреспондента РАН, один иностранный член Болгарской академии наук, 4 академика Водохозяйственной академии, 7 академиков Российской экологической академии, один академик и 2 члена-корреспондента Российской академии естественных наук. Пять ученых Института удостоены почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации осуществляется через аспирантуру Института согласно лицензии на ведение образовательной деятельности по образовательным программам послевузовского образования от 26 апреля 2012 г. (серия ААА №002962, регистрационный №2834) и Свидетельству о государственной аккредитации от 29 декабря 2012 г. (серия 90А01 №0000376, регистрационный №0373) по двум направлениям: Науки о Земле (шифр 05.06.01) и Техника и технологии строительства (шифр 08.06.01).

В 2015 г. на очное отделение было принято, согласно контрольным цифрам, установленным Министерством образования и науки РФ, 6 человек, на заочное – 1; закончили

аспирантуру 6 человек (в т.ч. 3 – очное отделение). По состоянию на 01.12.2015 г. общее количество аспирантов – 26 человек, в т.ч. 16 – очного обучения.

В отчетном году продолжила работу кафедра водных ресурсов, обеспечивающая подготовку научно-педагогических кадров в аспирантуре, организацию учебного, методологического и научного процесса. На кафедре работают 7 профессоров, 11 доцентов и 3 старших преподавателя.

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утверждённым приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 870, аспирантам читаются курсы лекций по 18 специальным дисциплинам, а также по истории и философии науки, педагогике и психологии высшего образования, методологии научных исследований, иностранному языку.

В Институте работает Диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук по специальностям: 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (географические, технические и физико-математические науки); 25.00.36 – Геоэкология (географические науки). В отчётном году на Диссертационном совете защищены 3 кандидатские диссертации.

Работа по совершенствованию деятельности Института и его структуры

Работа по совершенствованию научной деятельности была направлена на повышение эффективности и уровня научных исследований, в первую очередь, на реализацию утвержденного ФАНО России «Плана мероприятий по повышению эффективности деятельности Института водных проблем РАН на основе целевых показателей деятельности, совершенствования системы оплаты труда» (дорожная карта). Выполнена значительная часть мероприятий указанного плана, при этом особое внимание было уделено вопросам повышения заработной платы научным сотрудникам.

Внесены изменения в структуру Института: связи с кончиной зав. лабораторией взаимодействия вод суши с атмосферой д.г.н. Г.Н. Панина эта лаборатория была расформирована. Трудоустройство сотрудников лаборатории осуществлено на основании их желаний о переходе в другие подразделения.

Координационная деятельность, связь с отраслевой и вузовской наукой

Институт выполнял функции головной организации по Программе №10 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России». Работы выполнялись по 14 проектам; в них принимали участие 5 организаций: ИВП РАН, ИГ РАН, ИНОЗ РАН, ИВПС Карельского НЦ РАН (Отделение наук о Земле РАН); ИОА СО РАН (Сибирское отделение РАН).

Институт является базовой организацией Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши». Осуществлялась координация исследований по направлениям Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. Проводилось согласование планов и программ научных исследований, обсуждение полученных результатов на всероссийских совещаниях и рабочих встречах, обмен информацией и совместные публикации.

Члены Научного совета приняли активное участие в организации и проведении указанных выше крупных научных мероприятий ИВП РАН.

Сотрудничество с отраслевой наукой (ГГИ, ГХИ, ВСЕГИНГЕО, ЗАО «Ленгипроречтранс», ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, КаспНИРХ, ГОИН и др.) и вузами страны осуществлялось в рамках программ фундаментальных исследований РАН, при выполнении государственных контрактов по федеральным целевым и отраслевым программам, хозяйственной тематики, проведении совместных теоретических и натурных исследований и др.

Институт поддерживает творческие связи с высшими учебными заведениями страны. Сотрудники института читают циклы лекций в МГУ им. М.В. Ломоносова, Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, Московском государственном университете геодезии и картографии, Московском государственном университете природообустройства, Академии государственной службы при Президенте РФ, Международном университете природы, общества и человека («Дубна»), Московской государственной геологоразведочной академии, Российском университете дружбы народов, Южном федеральном университете, Астраханском государственном техническом университете, Ростовском государственном университете путей сообщения и др. Ведущие ученые Института являются членами ученых и диссертационных советов вузов, руководят курсовыми и дипломными работами студентов, магистерскими диссертациями.

Осуществляется совместная подготовка аспирантов и студентов; ведется работа по отбору наиболее подготовленных претендентов в аспирантуру и докторантуру, а также для обучения в качестве соискателей, для чего практикуется:

- участие студентов в выполнении научных исследований;
- организация производственной практики студентов ВУЗов, привлечение студентов к экспедиционным исследованиям по основной тематике;
- чтение курсов лекций ведущими учеными Института, руководство курсовыми и дипломными проектами студентов.

Проводятся совместные теоретические и экспериментальные работы с Российским университетом дружбы народов, МГУ им. М.В. Ломоносова, Астраханским государствен-

ным техническим университетом, Южным федеральным университетом и др., что способствует повышению уровня и эффективности научных исследований.

Продолжена деятельность общеобразовательных структур, созданных при ИВП РАН:

- кафедры водных ресурсов Института водных проблем РАН;
- кафедры Института водных проблем на экологическом факультете Российского Университета дружбы народов «Экология и управление водными ресурсами»;
- Научно-образовательного центра (НОЦ) «Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление», созданного совместно с кафедрой гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;
- международной кафедры ЮНЕСКО «Управление водными ресурсами и экогидрология».

IV. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

За отчетный период международная деятельность Института осуществлялась в различных формах: научные исследования в рамках двухсторонних соглашений РАН; выполнение совместных научных экспериментов; подготовка монографий и публикаций; участие в международных научных мероприятиях; работа в международных комитетах, советах, комиссиях и др.

В рамках двухсторонних соглашений продолжены работы по Договору о научном сотрудничестве с Институтом Географии и Пространственной организации (Польская республика), заключенным на период 2014-2016 гг. В рамках Договора проводятся совместные исследования по теме: «Воздействие на окружающую среду горных и равнинных водохранилищ, созданных на реках», руководитель с российской стороны к.г.н. И.Л. Григорьева. В России объектом исследований являются водохранилища бассейна Верхней Волги (Верхневолжское, Вышневолоцкое, Ивановское), в Польской республике – водохранилища бассейна р. Ропы. По материалам совместных исследований подготовлена к печати статья «Summer hydro chemical differentiation in mountain and lowland reservoirs in the years 2009-2013» (Изменение летних гидрохимических характеристик в горных и равнинных водохранилищах в 2009-2013 гг.).

Продолжены исследования в рамках пяти международных проектов.

1. ISI-MIP (*The Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project*); проект проводится при координации Потсдамского Института климатических исследований. В рамках проекта: разработана модель формирования речного стока в бассейне реки Макензи и метод оценки неопределенности расчетных характеристик стока крупных речных бассейнов

на основе ансамблевых экспериментов с региональной гидрологической и глобальными климатическими моделями

2. «*Modelling Water Quantity and Quality in the Selenga-Baikal-Angara Basin: Current Possibilities and Future Necessities*» («Моделирование количества и качества вод в бассейне Селенга – Байкал – Ангара: существующие возможности и потребности будущего»). Выполняется совместно с Магдебургским Гельмгольц-центром по изучению окружающей среды (Германия), Центром изучения природных систем Университета Касселя (Германия) и Географическим факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова (Россия). Руководитель с российской стороны д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан.

3. «Внетропический гидрологический цикл в условиях современного и будущего климата: неопределенности и предсказуемость» (грант Минобрнауки РФ №14.В25.31.0026, руководитель П. Гройсман (США); руководитель с российской стороны д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан.

Исследовано влияние неопределенности климатических проекций на неопределенность оценок гидрологических последствий изменения климата на основе численных экспериментов с гидрологической и глобальными климатическими моделями. Показано, что по метеорологическим данным, полученным с помощью глобальных моделей климата и заданным в качестве входной информации в модель формирования стока р. Лены, удалось с удовлетворительной точностью рассчитать среднемноголетние характеристики стока в рассматриваемом бассейне за период 1971-2005 годы. На основании ансамблевых экспериментов с глобальными моделями климата и разных RCP-сценариях антропогенных воздействий на атмосферу показано, что, в среднем, аномалии среднемноголетнего стока в период до 2035 года могут составить 10%, в период 2036-2065 годы – 15%, а в период 2070-2099 годы достичь 21%.

Выполнены работы по оценке неопределенностей рассчитанных составляющих водного баланса рек Северной Двины, Индигирки, Лены.

4. *Earth System Models – Snow Models Itercomparison Project (ESM-SnowMIP)*. Проект направлен на улучшение модельных оценок динамики снега в различных районах земной поверхности и более точное описание снежного покрова, связанное с влиянием изменения климата. По сравнению с предыдущими проектами SnowMIP используется новый и увеличенный набор экспериментальных данных для оценки и тестирования моделей. Руководитель с российской стороны д.б.н. Е.М. Гусев.

5. MOPEX (MOdel Parametr estimation EXperiment), исследования по проекту направлены на разработку стратегии получения параметров гидрологических моделей. Про-

водится обработка результатов выполненных ранее исследований возможности воспроизведения многолетних гидрографов речного стока на более чем 200-х экспериментальных водосборах США на основе разработанной в Лаборатории физики почвенных вод модели взаимодействия поверхности суши с атмосферой SWAP. Руководитель с российской стороны д.б.н. Е.М. Гусев.

Подготовлен отчет Совместной Российско-Китайской комиссии по рациональному использованию и охране трансграничных вод (далее Комиссия) «Chinese-Russian Joint Report on the Analysis of the Extreme Flood in Amur River in 2013». Представлены результаты исследований и анализ причин гидрологических особенностей экстремального наводнения на р. Амур в 2013 г. для создания информационной основы разработки программы совместных мероприятий по прогнозированию паводков и снижению последствий наводнений в рамках работы Комиссии. Отчет передан руководителям делегаций на VII заседании Комиссии.

Продолжены совместные исследования с Институтом природопользования НАН Беларуси по теме «Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод бассейна реки Западной Двины» в рамках российско-белорусского гранта РФФИ 14-05-90015; руководитель проекта с российской стороны д.ф.-м.н. И.С. Зекцер.

Продолжены работы по совместному проекту с Агрономическим факультетом Удайяна Университета (Индонезия) на основании Меморандума, заключенного с МГУ им. М.В. Ломоносова 05 сентября 2013 г. о взаимном научном сотрудничестве (руководитель проекта от ИВП РАН д.б.н. Н.М. Щеголькова). В рамках данного проекта в 2015 г.: выполнена оценка роли внесения гуминовых препаратов при выращивании сельскохозяйственных растений; проведена работа с базами данных по гидрологическим показателям о. Бали и данных по водопользованию; разработаны совместные с Удайяна Университетом образовательные программы для интерактивного обучения аспирантов кафедры ИВП РАН. Опубликована совместная с индонезийскими учеными статья «Анализ особенностей управления водными ресурсами в регионах с быстро растущим населением в различных климатических условиях (на примере о. Бали и Московского региона)»// Журнал «Water Resource».

Выполнены работы по гранту Всемирного фонда дикой природы (WWF) № WWF/RU012403/1/GLM «Разработка методики для выделения ценных морских территорий Арктики: таксономическое разнообразие, ключевые местообитания отдельных видов», руководитель Е.В. Чуприна.

Сотрудники Института выступили с докладами на крупных зарубежных международных мероприятиях: 26-ой Генеральной Ассамблее Международного Союза по Геодезии

и Геофизики, 2015 (IUGG), Прага, Чехия, 22 – 28 июня 2015 г.; 42-ом Конгрессе Международной ассоциации гидрогеологов AQUA 2015, Рим, Италия, 13-18 сентября 2015 г.; Международной конференции «Инженерная геология в новом тысячелетии» ("Engineering Geology in New Millennium") Дели, Индия, 27-29 октября 2015 г.; Международной Юбилейной конференции Океанографической Научной Группы (des Journées MEOM AU VERT), Гренобль, Франция, 10-11 сентября 2015 г.; международном семинаре Workshop on "Parameterization of Lakes in Numerical Weather Prediction and Climate Modeling", Evora, Portugal, 7-9 мая 2015.; Международном семинаре «Workshop global and regional sea level variability and change» (2015 г., июнь 10-12, Университет Балеарских островов, Майорка, Испания); Генеральной Ассамблеи Европейского Геофизического Союза EGU - 2015 (г. Вена, Австрия, апрель 2015 г.; Международной конференции «Tidal bore workshop: recent studies and further researches» (г. Кан, Франция, 18 - 20 мая 2015 г.); международной конференции «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития», (г. Улан-Батор, Монголия, 06 - 12 сентября 2015 г.)

Поддерживаются творческие связи с учеными Австрии, Бельгии, Болгарии, Великобритании, Вьетнама, Германии, Дании, Египта, Израиля, Китая, Кореи, Монголии, Польши, Словакии, США, Тайваня, Финляндии, Франции, Чехии, Шотландии, Японии, стран СНГ и ближнего зарубежья; являются председателями, вице-президентами, членами комитетов и комиссий международных организаций ЮНЕП, ЮНЕСКО, МАГИ, МАГН, МАГАТЭ, Американского геофизического союза, Европейского союза геофизических наук, Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD), членами редколлегий международных журналов, имеющих высокий рейтинг.

Приём иностранных учёных

1. 04 февраля 2015 г. сотрудниками лаборатории гидрологии речных бассейнов был организован приём 4-х ученых Магдебургского Гельмгольц-центра по изучению окружающей среды (Германия) для обсуждения текущей работы по проекту "Modelling Water Quantity and Quality in the Selenga-Baikal-Angara Basin: Current Possibilities and Future Necessities" («Моделирование количества и качества вод в бассейне Селенга – Байкал – Ангара: существующие возможности и потребности будущего»).

2. 28 апреля 2015 г. по приглашению Росводресурсов организована стажировка китайских специалистов из Бюро гидрологии Министерства водного хозяйства КНР, Канцелярии Главного Государственного Штаба по предотвращению наводнений и борьбе с засухой; Канцелярии Штаба по предотвращению наводнений и борьбе с засухой провинции Хэйлунцзян; Бюро гидрологии провинции Хэйлунцзян. С российской стороны участвовали

представители Росводресурсов, Департамента международной деятельности МЧС России, Центра «Антистихия МЧС России», ИВП РАН.

3. 24 августа – 29 августа 2015 г. организован приём 2-х специалистов Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева (КазНИТУ) для изучения возможностей модели WPI-RQC Model (Water Problems Institute – River Quality Control), разработанной в лаборатории управления водными ресурсами ИВП РАН к.т.н. А.А. Готовцевым.

4. В сентябре 2015 г. лабораторией охраны вод принята делегации в составе пяти учёных из Удайяна Университета (о. Бали, Индонезия). Организовано посещение ряда организаций, участвующих в работах по проблемам очистки воды и разложения ксенобиотиков (лаборатории факультета почвоведения МГУ, ЦКП «Геном», ИМБ РАН, Курьяновских очистных сооружений). Ведущим научным сотрудником д.б.н. Н.М Щегольковой проведено 3 семинара по вопросам, связанным с управлением качества вод и охраной окружающей среды.

В отчетном году осуществлено 32 зарубежных командировки. Сотрудники Института выезжали для участия в крупных международных научных мероприятиях, заседаниях комитетов и комиссий; чтения лекций, докладов; проведения совместных исследований и полевых работ, подготовки публикаций.

Активная международная деятельность способствует повышению эффективности научных исследований, их выполнению на мировом уровне (что подтверждается публикациями сотрудников в зарубежных периодических изданиях, имеющих высокий рейтинг), повышению индекса цитирования, получению доступа к большому объему фондовой и экспериментальной информации, банкам данных, результатам последних мировых достижений в исследуемых областях.

V. РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В отчетном году опубликованы следующие работы.

Монографии

1. *Баренбойм Г.М., Чиганова М.А.* Загрязнение природных вод лекарствами / Отв. ред. Л.И. Эльпинер. – М.: Наука, 2015. – 312 с. (ISBN: 978-5-02-039147-7)
2. *Брызгалов В.А., Никаноров А.М., Косменко Л.С., Решетняк О.С.* Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2015. 164 с. (ISBN: 978-5-9275-1598-1)
3. *Бухарицин П.И., Болдырев Б.Ю., Новиков В.И.* Система гидрометобеспечения

безопасности мореплавания на Каспии. Комплекс мероприятий по гидрометеорологическому обеспечению безопасности мореплавания и работы портов. Werfag. Издатель: Palmarium Academic Publising. 2015. – 328 с. (ISBN: 978-3-639-70949-0)

4. Современные ресурсы подземных и поверхностных вод Европейской части России / Ответственные редакторы: Р.Г. Джамалов, Н.Л. Фролова. Авторы: Р.Г. Джамалов, Н.Л. Фролова, М.Б. Киреева, Е.П. Рец, Т.И. Сафронова, А.А. Бугров, А.А. Телегина, Е.А. Телегина. М.:ГЕОС, 2015. 45 п.л.).

Главы в монографиях, учебниках, научно-справочных изданиях и разделов в атласах

1. Данилов-Данильян В.И. Глобальные проблемы современности (Глава 1. С. 11–20); Концепция устойчивого развития: сущность, принципы, методологи (Глава 2. С. 21–55); Словарь (С. 305–335) // Устойчивое развитие: Новые вызовы. Учебник для ВУЗов / Под общ. ред. В.И. Данилова-Данильяна, Н.А. Пискуловой. М.: Аспект-Пресс, 2015. – 336 с.

2. Данилов-Данильян В.И. Экологические проблемы топливно-энергетического комплекса (Глава 25. С. 457–481) // Экономика природопользования. Учебник / Под ред. К.В. Папенова. М.: Проспект ТЕИС, 2015. – 636 с.

3. Русанов Н.В., Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г. Рекомендации по изменению технологии и выбору технических средств для проведения дноуглубительных работ на Волго-Каспийском морском судоходном канале (Раздел «География и геоэкология», С. 250-255) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том IV/ Под ред. И.А. Керимова, В.А. Широковой. Грозный: Академия наук Чеченской Республики. 2015. – 338 с. (ISBN 978-5-91857-038-8).

4. Эльпинер Л.И. Медико-экологические аспекты современных водных проблем // В кн: Баренбойм Г.М., Чиганова М.А. Лекарственное загрязнение поверхностных вод суши: проблемы и некоторые пути их решения. М.: Наука. С.11-36.

5. Kuchment L.S. Snowmelt runoff generation and modeling. In: Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company. 2015. 35p.

Нормативные и справочные издания, атласы

1. Атлас возобновляемых водных ресурсов Европейской части России / Ред.: Р.Г. Джамалов, Н.Л. Фролова. Авторы: Р.Г. Джамалов, Н.Л. Фролова, А.А. Бугров, В.Ю. Григорьев, М.И. Игонина, М.Б. Киреева, Г.Н. Кричевец, Е.П. Рец, Т.И. Сафронова, А.А. Телегина, Е.А. Телегина, М.О. Фатхи. М.: ИВП РАН, ООО "Ровикс" 2015. – 96 с. (ISBN 978-5-4347-0033-7).

2. Думнов А.Д., Дёмин А.П., Муравьева Е.В. и др. Водные ресурсы и водное хозяй-

ство России в 2014 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. М.: НИА-Природа, 2015. 283 с.

3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2014 году» / Н.Г. Рыбальский, В.А. Омеляненко, А.Д. Думнов, А.П. Демин и др. М.: НИА-Природа, 2015. 270 с.

Учебники и учебные пособия

1. Устойчивое развитие: новые вызовы. Учебник для ВУЗов / Под общ. ред. В.И. Данилова-Данильяна, Н.А. Пискуловой. М.: Аспект-Пресс, 2015. 336 с.

2. Синиченко Е.К., Грицук И.И., Шамреева А.А. Основы гидрологии. Вычисление максимальных расходов половодья и паводка на водотоках. Учебно-методическое пособие. – М.: РУДН. 2015. 32 с.

3. Синиченко Е.К., Грицук И.И., Рекач Ф.В. Моделирование вертикальных дренажных колодцев. Учебно-методическое пособие – М.: РУДН. 2015. 41 с. (ISBN 978-5-209-06472-5).

Энциклопедические издания

1. Новая Российская Энциклопедия / Гл. ред. Данилов-Данильян В.И., Некипелов А.Д. Т. XIV, кн. 1. М.: Изд-во «Энциклопедия», 2015. 480 с.

2. Новая Российская Энциклопедия / Гл. ред. Данилов-Данильян В.И., Некипелов А.Д. Т. XIV, кн. 2. М.: Изд-во «Энциклопедия», 2015. 480 с.

3. Новая Российская Энциклопедия / Гл. ред. Данилов-Данильян В.И., Некипелов А.Д. Т. XV, кн. 1. М.: Изд-во «Энциклопедия», 2015. 496 с.

4. Новая Российская Энциклопедия / Гл. ред. Данилов-Данильян В.И., Некипелов А.Д. Т. XV, кн. 2. М.: Изд-во «Энциклопедия», 2015. 496 с.

5. Михайлова М.В. Статьи в Большой Российской энциклопедии. Москва: Научное изд-во «БРЭ», 2015. Т. 27.

Научно- популярные издания

1. В отчетном году вышла в свет научно-популярная интернет-энциклопедия «Вода России» (<http://water-rf.ru>), подготовленная при активном участии сотрудников Института в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса России в 2012–2020 годах». Включает более тысячи статей, описывающих 563 реки, 229 озер, 84 водохранилища, 55 болот, 20 ледников, 20 транспортных и мелиоративных каналов, 10 уникальных водных и гидротехнических объектов, 4 артезианские области, а также 114 терминов глоссария; содержит официальную информацию об органах государст-

венной власти, осуществляющих управление водохозяйственным комплексом. Около 100 статей написаны сотрудниками Института водных проблем РАН.

Руководитель творческого коллектива – чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян; координаторы проекта и научные редакторы – сотрудники Института к.т.н. М.В. Михайлова и О.О. Петрова.

2. В. Данилов-Данильян За пределами роста. Компьютерная модель, всколыхнувшая мир //Наука и жизнь. 2015, № 10, стр. 2-15 (соавтор И. Рейф)

Сборники трудов

1. Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года». Сборник научных трудов конференции: в 2-х томах (отв. ред. В.Г. Пряжинская), Петрозаводск: РИО КарНЦ РАН 2015. – Т.1 – 486 с, Т.2 – 157 с.

2. Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов. Труды Четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 15-18 сентября 2015 г. (отв. ред. М.В. Болгов), М.: ИВП РАН. ООО «ДМ-Буквей». 2015.–560 с.

3. Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность: Сборник трудов IX научной конференции молодых ученых и талантливых студентов 30 ноября – 2 декабря, 2015 г. (отв. ред. Митина Н.Н.), М.: ИВП РАН. Изд. дом «Типография» Россельхозакадемии. 2015. – 135 с.

Сотрудниками Института в отчетном году опубликовано 360 статей, в том числе 191 – в рецензируемых изданиях (166 – в российских, 25 – в зарубежных); опубликовано 54 тезисов докладов (из них 27 – в материалах зарубежных конференций). Более подробные сведения о публикациях приведены далее в таблице 1.

Таблица 1. Сведения о публикациях сотрудников Института

	Количество
Монографии, всего, в т.ч.	4
Российские издания	3
Зарубежные издания	1
Учебники, учебные пособия	3
Энциклопедические издания	6
Нормативные и справочные издания, атласы	3
Число глав в монографиях, учебниках, научно-справочных изданиях, разделов в атласах и др. в т.ч.:	7
Российские издания	6
Зарубежные издания	1
Сборники трудов	3
Статьи в рецензируемых изданиях, всего, в т.ч.	191
Российские издания	166
Зарубежные издания	25

Статьи в журналах, включенных в перечень ВАК	125
Публикации в РИНЦ	166
Публикации, включенные в Web of Science	68
Статьи в других изданиях, всего, в т.ч.	169
Российские издания	165
Зарубежные издания	4
Тезисы докладов, всего, в т.ч.	54
Российские научные мероприятия	27
Зарубежные научные мероприятия	27

Институт является соучредителем рецензируемых журналов «Водные ресурсы» и «Аридные экосистемы» (издаются на русском и английском языках). Ведущие ученые института возглавляют работу редколлегии и являются ее членами.

Пропаганда научных знаний осуществлялась путем чтения лекций, участия в работе конференций и совещаний, публикации статей в массовых изданиях, выступлений на телевидении, радио и страницах центральных газет по актуальным научным проблемам.

Награды и премии

Ведущий научный сотрудник Института д.г.н. П.И. Бухарицын награжден Почётной грамотой Астраханской областной думы за многолетнюю производственную, научную и общественную природоохранную деятельность в Астраханской области; а также медалью участника Международного Парижского книжного салона (Париж, 20-23 марта 2015 г.); золотой медалью участника 28-й Московской международной книжной выставки-ярмарки (г. Москва, ВДНХ, 2015); дипломом Лауреата Международной выставки «Золотой фонд отечественной науки» за лучшее учебно-методическое издание в отрасли (г. Москва, июль 2015 г.) и рядом других дипломов.

VI. ЭКСПЕДИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2015 г. практически не удалось провести полевые исследования в требуемом объёме из-за отсутствия базового целевого финансирования. Проведен ряд экспедиций за счёт грантов РФФИ, в рамках договорной тематики и собственных средств.

По гранту РФФИ 14-05-00555 «Пожары на болотах: экологические последствия и динамика восстановления» проведены полевые исследования на болотах Тверской области Галицкий мох, Озерецко-Неплюевское, Московской области Журавлиная родина, Радовицкий мох. Отобрано и проанализировано 40 образцов торфа и 5 проб воды; проведено описание восстанавливающейся после пожаров растительности с составлением таблиц по баллам обилия по шкале Друде; проведена визуальная оценка эффективности проведенных мелиоративных работ по обводнению болот (Журавлиная родина и Радовицкий мох). Выпол-

нены лабораторные исследования по изучению сорбционных свойств пирогенных торфов по отношению к органическим веществам.

Изучены особенности депонирования тяжелых металлов и микропластика на водосборе Ивановского водохранилища и ряде модельных водосборов в его бассейне, характеризующихся различными гидродинамическими характеристиками, природными условиями и антропогенной нагрузкой. Получены новые натурные данные о вертикальном распределении и пространственной дифференциации меди, цинка, свинца, кадмия, микропластика, органического вещества и гранулометрического состава в донных отложениях зон, испытывающих влияние колебаний уровня водоема, и на устьевых участках малых рек, дренирующих техногенно - измененные водосборы.

Исследовано качество воды на приплотинном 30-ти километровом участке Можайского водохранилища (по затопленному руслу) с применением разработанного авторами программного комплекса. Выявлены особенности изменения экологического состояния водохранилища при повышении температуры воздуха, дополнительном поступлении биогенных веществ с дождевыми паводками или при повышенной ветровой активности. В результате изучения процесса формирования аноксидной зоны в водохранилище в летний период выявлена зависимость скорости изменения размера аноксидной зоны от степени стратифицированности водохранилища, тесно связанной с погодными условиями.

Совместно с сотрудниками Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского проведены экспедиционные исследования на территории Валдайской области. Отобраны колонки донных отложений в центральной части оз. Долгое для проведения диатомового анализа.

Проведены экспедиционные исследования в Талдомском и Сергиево-Посадском районах Московской области с целью сбора данных о реакции серого журавля на изменения климата и гидрологических факторов в период миграционного скопления. Работы проводились за счет средств бюджета Московской области.

Организованы комплексные экологические исследования почв, растительности, грунтовых и поверхностных вод в Талдомском и Сергиево-Посадском районах Московской области, а также на территории заказника «Журавлиная Родина» по теме: «Разработка оценочных показателей и критериев трансформации наземных экосистем при изменении климатических и гидрологических факторов». Выявлены основные тенденции развития орнитокомплексов и наземных экосистем долин рек Дубна, Яхрома, Хотча, Костинка, Сулать в зависимости от водохозяйственного и сельскохозяйственного использования территории. Работы проводились за счет средств бюджета Московской области.

Для характеристики экологического состояния Усть-Манычских водохранилищ (Пролетарского и Веселовского) по биологическим показателям проведены совместно с Гидрохимическим институтом экспедиционные исследования фито-, зоопланктона, перифитона и зообентоса. Пробы отбирались одновременно с отбором на химический анализ с целью дальнейших сопоставлений разных химико-биологических характеристик формирования качества воды южных водохранилищ. Биологические экспедиционные исследования включали биоиндикацию состояния фитопланктона и биотестирование токсичности воды водохранилищ.

Исследован состав альгофлоры на западе и востоке Северного Каспия в зимний период 2014-2015 гг. Установлено, что на западе в январе 2015 г. состав альгофлоры значительно богаче относительно восточных районов за счет эвригалинных и эвритермных форм диатомовых. Они же доминируют по количественным показателям. Это означает, что речные воды и воды Среднего Каспия в период исследований практически не оказывали влияния на состав фитопланктона. Основными факторами, влияющими на состояние фитопланктона в зимний период, являются особенности циркуляции водных масс и толщина ледового покрова Северного Каспия. В целом по численности и биомассе водорослей, а так же их качественному составу рассматриваемую акваторию можно отнести к умеренно загрязненным водам (III класс качества вод).

В рамках регионального зоологического мониторинга последствий гидростроительства в Амурской обл. проведено 6 экспедиционных обследований территорий в зонах влияния Зейского водохранилища и строящейся Бурейской ГЭС, а также побережья проектируемого Нижне-Зейского водохранилища, значительную часть зоны влияния нижнего бьефа гидроузла и «контрольные территории». Работы проводились за счет средств Проекта Программы развития ООН Глобального экологического фонда (ПРООН ГЭФ) и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

VII. СВЕДЕНИЯ О ФИНАНСИРОВАНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Распределение средств по источникам финансирования характеризуется данными, приведенными в табл.2.

Таблица 2. Объем финансирования научных исследований в 2015 г.

Источники финансирования	Объем финансирования, тыс. руб.
Общий объем финансирования, в том числе:	162562,8
государственное задание (базовое бюджетное финансирование)	100922,4
программы Президиума РАН (федеральный бюджет)	-
программы Отделения наук о Земле РАН (федеральный бюджет)	-
Государственные контракты (федеральный бюджет)	19808,0
Гранты РФФИ, РНФ, Минобрнауки (федеральный бюджет)	28070,0
Хозяйственные договоры (средства заказчиков)	14462,4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научные исследования Института проводятся в рамках приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации – «Рациональное природопользование», «Науки о жизни» и перечня критических технологий РФ:

- технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения;
- технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- технологии информационных, управляющих, навигационных систем.

Тематика исследований соответствует «Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг.», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. №2237-р, по пяти направлениям:

76. Поверхностные и подземные воды суши – ресурсы и качество, процессы формирования, динамика и механизмы природных и антропогенных изменений; стратегия водоснабжения и водопользования страны.

77. Физические и химические процессы в атмосфере, включая ионосферу и магнитосферу Земли, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов.

78. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий.

79. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.

80. Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.

В отчетном году выполнялись работы по 64-м темам, в их числе: 6 тем плана НИР в рамках утверждённого ФАНО России государственного задания; 3 проекта Программы фундаментальных исследований Президиума РАН; 15 проектов Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН; 3 проекта по государственным контрактам (в рамках федеральных целевых и ведомственных программ); один мегагрант Минобрнауки РФ; 5 грантов РНФ; 20 исследовательских грантов РФФИ; 4 договора с российскими заказ-

чиками; один проект в рамках двухсторонних соглашений РАН по безвалютному межакадемическому обмену; 5 международных проектов, один договор о научном сотрудничестве с зарубежными партнёрами. Получены следующие основные результаты.

Государственное задание

- Разработана динамико-стохастическая модель формирования снежного покрова с пространственно распределенными случайными входами (на примере бассейна Чебоксарского водохранилища).
- Разработан и реализован на двух модельных водосборах блок качества воды в физико-математической модели формирования стока и качества воды в речных бассейнах (ECOMAG).
- На основе использования в модели взаимодействия подстилающей поверхности суши с атмосферой SWAP для четырех климатических сценариев МГЭИК рассчитана динамика составляющих водного баланса бассейна р. Лены до 2065 г.
- Модифицирован термогидродинамический программный комплекс для изучения динамики течения и процессов массопереноса в водных объектах.
- Показано, что распределение природных изотопных индикаторов в воде Каспийского моря характеризует гидрологическую структуру моря как результат изменения составляющих водного баланса в период повышения его уровня.
- На основе лабораторных экспериментов с воздействием инфракрасных (ИК) и ультрафиолетовых (УФ) ламп на снежный покров выявлена разница воздействия лучей разной длины на снеготаяние при прочих равных условиях (температура окружающей среды, плотность и структура снега, толщина снежного покрова).
- Установлено, что в последние десятилетия динамика дельт изменилась в результате ослабления воздействия речных и усиления морских факторов. Изменение климата играет большую роль в формировании дельт в зоне многолетнемерзлых пород, в частности последствия таяния мерзлых грунтов могут представлять большую опасность для местной инфраструктуры и хозяйства в дельтах рек.
- Получены количественные оценки влияния ветра на растекания нефтяных пятен по поверхности моря. Предложена аналитическая параметризация количества испарившейся нефти за счет выветривания от первоначального объема разлива для различных скоростей ветра.
- Сформулирована и обоснована гипотеза о возможном механизме образования застойных зон при движении внутритермоклинных линз в океане, возникающих в окрестности разнонаправленных поверхностного и придонного синоптических вихрей (хетонов).

– Выявлены связи изменений климата в Арктике с процессами глобального характера, которые могут быть описаны индексами атмосферной и океанической циркуляции. Отмечена согласованность тенденций изменения ледовитости Северного Ледовитого океана с результирующими потоками тепла между океаном и атмосферой. Для характеристики интенсивности взаимодействия Северной Атлантики с атмосферой предложено использовать новый индекс.

– Разработана методика учета изменений характеристик общей циркуляции атмосферы при прогнозировании стока р. Волги. Получены оценки изменения статистических характеристик годового и сезонного стока за многолетний период. Показано, что повышение приземной температуры воздуха в последние годы отразилось на изменении гидрологического режима минимального стока и смещении даты начала периода зимней межени на ряде средних рек в бассейне р. Волги.

– С помощью разработанной ранее авторами гидродинамической модели исследована возможность дополнительной подачи воды в старое русло р. Ахтубы непосредственно из Волгоградского водохранилища для улучшения экологического состояния Волго-Ахтубинской поймы.

– Выполнено научное обоснование Концепции развития водохозяйственной системы региона Нижней Волги. Разработан комплекс гидродинамических моделей для выбора оптимальных режимов обводнения территории Западных подстепных ильменей.

– Изучены ледовые процессы в низовьях р. Волги и северной части Каспийского моря в зимний период 2014/2015гг.; отмечено угнетающее влияние ледовых процессов на условия формирования и развития биоценозов. Показано, что основными факторами, влияющими на состояние фитоценозов в зимний период, являются особенности циркуляции водных масс и толщина ледового покрова Северного Каспия.

– Определены основные факторы оценки экономической целесообразности применения искусственного восполнения подземных вод (ИВПВ). Проведено экологическое обоснование ИВПВ с учетом природоохранного законодательства Российской Федерации и анализа мирового опыта.

– Выполнено обоснование нового комплексного подхода к изучению влияния колебаний климата на подземные воды, основанного на использовании ансамбля оценок климатических воздействий. Рассчитаны статистики многолетних изменений климатических переменных, определяющих питание подземных вод для регионов, расположенных в северо-восточной части Балтийского щита.

- Разработаны критерии допустимого отбора подземных вод трансграничных территорий без ущерба для сопредельных государств.
- Разработана методика задания граничных условий III рода при моделировании процессов геофильтрации в подземных водах.
- Установлено, что в начале XXI века модули меженного (подземного) стока и, соответственно, естественные ресурсы подземных вод выросли в среднем на 40–60% по сравнению с величинами до 70-х годов. Издан «Атлас изменений возобновляемых водных ресурсов Европейской части России».
- Разработана численная реализация уравнений Ричардса (насыщенно-ненасыщенной фильтрации в грунтах), обладающая хорошими аппроксимационными качествами и абсолютной устойчивостью в широком диапазоне значений физических параметров.
- Изучена динамика восстановления характеристик торфа и растительности после лесных пожаров. Выполнен анализ задач фильтрации, возникающих в процессе обводнения торфяников.
- Выявлены особенности изменения гидрогеохимических показателей при водоотборе подземных вод по многолетним данным наблюдений в Московском регионе.
- Разработан метод, повышающий точность анализа структуры фитопланктона на основе применения индекса Шеннона с параметрическим критерием Стьюдента.
- Оценено экологическое состояние Усть-Маньчских водохранилищ (Пролетарского и Веселовского) по биологическим показателям на основе биоиндикации состояния фитопланктона и биотестирования токсичности воды водохранилищ.
- Разработан метод оценки экотоксичности поверхностных вод суши по комплексу биологических методов с использованием автотрофов.
- Усовершенствован метод интерпретации дистанционной спектрометрической информации, позволяющий по траектории изменения формы спектров коэффициентов спектральной яркости в трехмерном пространстве оценивать структурный состав фитопланктона и состояние водной экосистемы.
- Исследованы особенности депонирования тяжелых металлов и микропластика в водных объектах с разными гидрохимическими характеристиками. Выявлено негативное влияние микропластика на содержание аммония в донных отложениях, что повышает риск эвтрофирования водоемов.
- Изучена барьерная роль высшей водной растительности в предотвращении загрязнения водоемов тяжелыми металлами и биогенными элементами в приложении к городским водным объектам.

- Разработана методика, согласно которой ареалы повышенной концентрации химических элементов могут быть определены не только при помощи геохимических исследований, но и на основании литолого-геоморфологического и морфометрического анализа территории с уменьшением доли полевых работ и объема проводимых анализов.
- Разработана методика иммунохимических исследований лекарственного загрязнения водных объектов и показана её эффективность как доступной и эффективной альтернативы хромато-масс-спектрометрическим методам при проведении мониторинга качества вод.
- Разработаны научно-методические основы создания системы раннего обнаружения и мониторинга аварийных разливов нефти. Подготовлено методическое пособие по научным принципам технологической платформы комплексного мониторинга водных объектов.
- Создана методика составления программы исследования лекарственного загрязнения водных объектов и выбора оптимальных схем анализа для проведения периодического контроля, включая иммунохимические методы.
- Систематизирован, проанализирован и обобщен материал по формам нахождения соединений серы в донных отложениях озер и морей, их трансформации и роли Fe и Mn в этих процессах.
- Показана способность популяций крупных фильтраторов-фитофагов развиваться и подавлять цветение водоемов даже в условиях дефицита кислорода, что определяет возможность их использования для сохранения высокой прозрачности воды в водоемах.
- Предложена усовершенствованная математическая модель, позволяющая описать динамику процесса анаэробного окисления метана и его тяжелых фракций нитрит-ионом.
- Проведены эксперименты по культивированию грибов-деструкторов и ферментативной деструкции гуминовых кислот с учетом природных условий в водных объектах.
- На основе разработанного ранее авторами метода графического диатомового анализа изучен состав фитопланктонных сообществ р. Москвы в границах мегаполиса. На основе ретроспективного анализа выявлена временная динамика экосистем р. Москвы.
- Показано, что выделение и вращение оболочек Земли, включая атмосферу и гидросферу, является следствием центробежного эффекта внутренней энергии взаимодействующих масс планеты. Эффект появляется в форме центробежных (гравитационных) и центростремительных (инерционных) сил.
- Установлено, что основную роль в формировании химического состава Верхневолжского, Иваньковского и Угличского водохранилищ играют природные факторы, кото-

рые определяют, в частности, малую минерализацию Верхневолжского и среднюю минерализацию Ивановского и Угличского водохранилищ.

- Изучены особенности гидрохимического режима дренажного стока и карьерных вод выработанных верховых торфяников в условиях вторичного заболачивания.

- Разработана методика среднемасштабной оценки опасности загрязнения подземных вод и их защищенности от различных источников загрязнения на примере Брянской области.

- Разработаны диагностические показатели динамического состояния наземных экосистем под влиянием изменения климатических и гидрологических факторов на примере околородных экосистем в долинах малых рек (бассейн Верхней Волги), крупных рек (Нижняя Волга, Зея, Бурей), а также на побережьях Цимлянского, Зейского, Бурейского и Нижне-Бурейского водохранилищ.

- Разработан метод оценки нарушений в околородных экосистемах по биологическим критериям и показателям при изменении обводненности территорий.

- Разработана модель внутригодовой изменчивости талого и дождевого стока равнинного водосбора. С помощью модели формирования стока для верхней части бассейна р. Дон (до г. Лиски) выполнены численные эксперименты для изучения возможностей применения методов ансамблевого прогнозирования весеннего половодья.

- Усовершенствована электронная база данных по наводнениям в мире и России. В настоящее время она содержит информацию ~ по 3000 наводнений в мире, в т.ч. по 550 наводнениям в России за период с 1997 по 2010 гг. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

- Впервые построены картодиаграммы, достаточно полно описывающие глобальное распределение основных природных характеристик наводнений и параметров социально-экономических ущербов.

- Разработана математическая модель русловых деформаций, развивающихся при одновременном воздействии таяния грунта береговых склонов и нестационарного водного потока, в частности волн различного происхождения, вызывающих катастрофические наводнения. Впервые проведены численные эксперименты с волнами различной интенсивности, при различных значениях пористости грунта.

- Разработана версия модели влаго- и теплообмена поверхности суши с атмосферой (LS-модели - Land Surface Model), адаптированной к использованию в модели спутниковых оценок осадков с учетом их пространственных распределений.

- Разработана методика оценки влияния водосборов боковых притоков на состояние приемного водоема (Цимлянского водохранилища) при совместном применении ГИС-технологий, картографического и дистанционного методов.
- Выполнен анализ участников рынка водных ресурсов, цен на воду, состояния отечественного и мирового рынков воды и водохозяйственных услуг и возможностей их развития. Сформулированы предложения по механизмам участия России в международной торговле водой, включая виртуальную воду.
- Представлены примеры межбассейновых и межгосударственных поставок водных ресурсов и различные способы их транспортировки. Показано, что рост рыночных интересов в экспорте воды требует международного нормативного оформления.
- Разработана система математических моделей для согласования интересов водопользователей в динамических условиях несовершенной конкуренции.
- Разработана методология использования экспертной системы классификации малых рек на примере центральных регионов России.
- Разработана концепция зонирования водохранилищ по уровню опасности вторичного загрязнения водной массы тяжелыми металлами в период формирования условий, благоприятствующих выходу металлов из донных отложений.
- В сформированной ранее базе данных показателей состояния подводных ландшафтов Каспийского моря и гидрометеорологических показателей добавлен фрагмент, касающийся углеводородного загрязнения вод.
- На основе факторного анализа ряда показателей экосистемы Балтийского моря показано, что основным фактором его деградации является эвтрофирование, вторым по значимости – углеводородное загрязнение.
- Сформулирован вероятностный подход к контролю показателей качества воды. Развита математический аппарат допускового контроля указанных показателей, опирающийся на теорию проверки статистических гипотез. Разработан подход к методологии риск-ориентированного контроля качества воды.
- Предложены критерии выделения приплотинной зоны, где особенно сильно сказывается влияние ГТС на геодинамические процессы, состояние хозяйственной инфраструктуры и здоровье населения.
- Подтверждена необходимость медико-экологических обоснований приемлемости тех или иных приемов управления водными ресурсами. Развита медико-экологический раздел теории управления водными ресурсами в целях обеспечения безопасного для здоровья населения водопользования.

Программы фундаментальных исследований Президиума РАН

- Разработан подход к обоснованию водоохранных мероприятий при стратегическом планировании водохозяйственных систем, функционирующих и развивающихся в стохастических условиях, а также реализующая его модель оптимизации распределения сбросов загрязняющих веществ.
- Развита методология организации управляемого рынка разрешений на использование водных ресурсов (квот), функционирующего в стохастических условиях, порождающих риск принятия неоправданных решений.
- Впервые разработана математическая модель, объединяющая процессы переноса примеси, русловые деформации и таяние берегового склона и позволяющая прогнозировать распространение и накопление загрязнений в реках криолитозоны, берега которых подвергаются термоэрозии.

Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН

- Показано, что прогноз стока основных рек РФ при помощи экспериментов на больших климатических моделях CMIP-5 подтверждает полученные ранее выводы о статистически незначимых изменениях годового стока в устьях рек, бассейны которых расположены в юго-западной части страны, и статистически значимые изменения годового стока рек Енисея и Лены в ближайших к устью створах не ранее второй трети XXI века. Подчёркнута необходимость учета различных неопределенностей, с которыми связано прогнозирование стока в таких временных масштабах.
- Модифицированы разработанные ранее способы использования в модели влаго- и теплообмена покрытых растительностью участков суши с атмосферой значений температур подстилающей поверхности, величин осадков и характеристик растительности в исследуемом регионе, определенных по данным радиометров. Показана возможность построения пространственных полей характеристик водного и теплового режимов значительных территорий с использованием спутниковых данных.
- Дополнена база данных для региональной оценки ресурсов подземных вод. Оценены характеристики стока рек и водных ресурсов по речным водосборам ЕЧР с различной антропогенной нагрузкой. Показано, что закономерности распределения величин ресурсов подземных вод на территории ЕЧР определяются тремя основными природными факторами: климатическими, ландшафтно-орографическими и гидрогеологическими.
- Выполнено математическое моделирование процессов миграции загрязняющих веществ в ненасыщенной зоне грунтов при нестационарном поступлении загрязнителей. В

практических задачах представляет интерес продолжительность времени, за которое концентрация загрязнений области течения снижается до приемлемого заранее заданного значения.

- Выполнена оценка прогнозной обеспеченности потребности городов России с населением более 250 тыс. чел. утверждёнными запасами подземных вод на период 2030 г. Обоснованы подходы и методология оценок обеспеченности городов подземными водами в условиях чрезвычайных ситуаций.

- Предложена методика среднемасштабной оценки защищенности подземных вод от загрязнения, позволяющая проследить возможные вариации развития процесса загрязнения в зависимости от индивидуального загрязняющего вещества.

- Для субъектов РФ и экономических районов России проведено уточнение рассчитанных ранее значений риска-ущерба проявления основных 13 опасных процессов (включая наводнения, оползни, мерзлотные явления и пр.).

- Применение разработанного ранее авторами комплексного подхода для оценки экологического неблагополучия Цимлянского, Пролетарского и Веселовского водохранилищ позволило установить наличие признаков чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия по различным физико-химическим, гидробиологическим и токсикологическим показателям. Выполнена оценка относительной значимости биотической и абиотической компонент в условиях наметившихся тенденций состояния экологического неблагополучия крупных водохранилищ юга России:

- Усовершенствован метод оценки состояния водных экосистем по дистанционной спектрометрической информации высокого разрешения. Установлено, что трофический статус нижнего бьефа Цимлянского водохранилища в целом можно характеризовать как эвтрофный с переходом в гиперэвтрофный. По данным спектрометрической съемки это состояние остается неизменным за последние годы и сохраняется с июня по октябрь.

- Разработан набор эколого-токсикологических методов для изучения формирования и восстановления качества вод Нижнего Дона в условиях антропогенных нагрузок, основанный на использовании методов биоиндикации и биотестирования; сформулированы основные положения их использования.

- Предложен способ получения расчетных гидродинамических соотношений при прогнозировании эволюции загрязненной зоны в водном объекте при аварийных ситуациях на основе одномерного уравнения турбулентной диффузии, параметризованного результатами прямых трассерных экспериментов.

– Изучены процессы формирования аноксидной зоны в водохранилище в летний период; выявлена зависимость скорости изменения её размера от степени стратифицированности водохранилища, тесно связанной с погодными условиями.

– На примере Иваньковского водохранилища выявлен ряд характеристик, определяющих фоновые территории для средней полосы России. В качестве единицы районирования в этом случае могут выступать речные бассейны невысоких порядков.

– Разработаны научные основы применения лазерной спектроскопии и лидарных технологий для детектирования ранних стадий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и индикации их источников. Показаны возможности флуоресцентных лидаров обнаруживать не только нефтяную пленку, но и наличие нефти в приповерхностном слое воды.

– Изучен таксономический состав фитопланктонных сообществ р. Москвы в зоне действия мегаполиса. Выделены закономерности поэтапной пространственной трансформации структуры речного фитопланктона и основные факторы влияния на структуру – поступление сточных вод, несущих биогенные элементы и специфический (не присущий реке) фитопланктон; аномально тёплая температура речной воды и др.

– Систематизирована и преобразована информационная база данных (БД) гидрохимических характеристик водных объектов (колодцев, родников, скважин, болот, водотоков и водоемов); создана тестовая модель БД с рабочим названием «Характеристики водных объектов водосбора Иваньковского водохранилища».

– На основе данных о максимальном речном стоке малых и средних рек Нижневолжского региона выполнен статистический анализ рядов с целью выявления в них неоднородности, вызванной антропогенными или климатическими изменениями. Условно выделены два района с различными датами смены стационарных состояний (1970, 1978 гг.). Получены статистические характеристики рядов максимального стока для каждого условно-однородного периода: среднего многолетнего расхода, коэффициентов вариации и асимметрии.

– Выполнена классификация причин негативного воздействия вод в контексте продовольственной безопасности по принципу воздействия на население, территории и объекты экономики в различных регионах страны, влияющего на безопасность и сопряженного с ущербами. Обеспечение продовольственной безопасности связано с рисками, обусловленными как избытком, так и дефицитом воды.

– Выполнено зонирование бассейна р. Волги по уровню косвенных антропогенных нагрузок на ее водосборную территорию, связанных с заселением территории, хозяйствен-

ной деятельностью, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики, развитием транспортной инфраструктуры.

– Рассмотрены результаты применения разработанной авторами компьютерной технологии гидроинформационной поддержки управления риском наводнений для оценки противопаводковой функции действующих и планируемых водохранилищ на реках Зее и Бурее, а также выявления эффекта регулирования этих водохранилищ на снижение максимальных расходов и уровней воды на 850-километровом участке Среднего Амура. Получены экспертные оценки требуемой суммарной резервной противопаводковой емкости водохранилищ в зависимости от поставленных требований снижения максимальных уровней воды.

– Показано, что современные тенденции в изменениях устьевых областей многих рек мира под влиянием изменений климата и водохозяйственных мероприятий, нарушения режима рек и приемных водоемов заключаются в ослаблении воздействия на эти объекты речных и возрастных роли морских факторов, а также в увеличении интенсивности и периодичности опасных гидрологических явлений.

– Проведена структуризация проблемы сбалансированного развития регионального водного хозяйства как комплекса задач рационального выбора водохозяйственных мероприятий; выполнена формализация задач в виде математических моделей; обоснованы методов их решения. В качестве примера разрабатываемой методологии выполнено обоснование выбора приоритетных водохозяйственных мероприятий в регионе Нижней Волги.

– Рассмотрены современные природные и антропогенно обусловленные процессы и явления современного гидроморфизма, ограничивающие хозяйственную деятельность на юге Европейской части России. Выделены основные причины возникновения и распространения этого явления, в частности влияние водохранилищ.

4. Фундаментальные и прикладные исследования по федеральным целевым и ведомственным программам

– Обоснованы приоритетные мероприятия, обеспечивающие рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы.

– Построены гидродинамические модели Западных подступных ильменей и в целом бассейна Нижней Волги. Исследованы варианты обеспечения режимов проточности Волго-Ахтубинской поймы; оценены возможности устойчивого водообеспечения природно-хозяйственного комплекса дельты Волги в маловодные годы.

– Разработана «Концепция рационального использования водных ресурсов и устойчи-

вого функционирования водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранения уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы», ориентированная на обеспечение социально-экономического развития региона при условии сохранения экологического благополучия территории.

– Обоснованы возможные границы диапазона колебаний уровня воды в озере Байкал, исходя из компромисса противоречивых интересов водопользования и требований экосистемы в условиях значительной изменчивости гидрометеорологических условий бассейна, в первую очередь, в условиях экстремально высокой и экстремально низкой водности.

– Разработаны методические рекомендации по формированию программ мониторинга и проведению полевых исследований состояния биоразнообразия при строительстве и эксплуатации гидроэнергетических проектов в зонах воздействия проектируемых, строящихся и эксплуатируемых гидроэнергетических объектов в Амурской области.

Выполнены работы по одному мегагранту Минобрнауки РФ, пяти проектам Российского научного фонда (РНФ), 20-ти исследовательским проектам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

Получено 2 гранта РФФИ на организацию и проведение научных конференций.

Практическая реализация результатов исследований осуществлялась при выполнении государственных контрактов, хозяйственной тематики, путем публикации статей и монографий и др. Реализованы 4 разработки (получены свидетельства о государственной регистрации); поданы 2 заявки на государственную регистрацию объектов интеллектуальной собственности, переданы заказчикам для внедрения 12 законченных работ.

В отчетном году практически не удалось провести полевые исследования в требуемом объеме из-за отсутствия базового целевого финансирования. Организован ряд экспедиций за счет грантов РФФИ, в рамках договорной тематики и собственных средств.

Проведены экспедиционные работы на Ивановском, Можайском, Цимлянском и Усть-Маньчских водохранилищах, в бассейне р. Дон, на болотах Тверской области и других объектах. Полученные результаты использованы для выявления и уточнения закономерностей изучаемых процессов, формирования баз данных, верификации моделей.

По результатам исследований опубликовано 4 монографии; 3 учебника и учебных пособия; 3 сборника трудов конференций; 360 статей (из них 191 – в рецензируемых журналах, 29 – в зарубежных изданиях). Издано 4 тома Новой Российской Энциклопедии / Гл. ред. *Данилов-Данильян В.И.*, Некипелов А.Д. М.: Изд-во «Энциклопедия», 2015. 480 с. (496 с.)

В рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса России в 2012–2020 годах» вышла в свет научно-популярная Интернет-

энциклопедия «Вода России» (<http://water-rf.ru>), подготовленная при активном участии сотрудников Института (авторы более 100 статей). Руководитель творческого коллектива – чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян; координаторы проекта и научные редакторы – сотрудники Института к.т.н. М.В. Михайлова и О.О. Петрова.

Институт является соучредителем рецензируемых журналов «Водные ресурсы» (издается на русском и английском языках) и «Аридные экосистемы». Ведущие ученые института возглавляют работу редколлегии и являются ее членами.

Научно-организационная деятельность включала координацию фундаментальных исследований; участие в работе Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши»; организацию международных и всероссийских конференций и участие в них; работу Ученого совета и его секций; экспертизу крупных водохозяйственных проектов, работу в научных советах и комиссиях; пропаганду научных знаний; взаимодействие с отраслевой и вузовской наукой и др.

Институт выполнял функции головной организации по Программе №10 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России». Работы выполнялись по 14 проектам; в них принимали участие 5 организаций: ИВП РАН, ИГ РАН, ИНОЗ РАН, ИВПС Карельского НЦ РАН (Отделение наук о Земле РАН); ИОА СО РАН (Сибирское отделение РАН).

Организованы и проведены 3 крупные конференции: Всероссийская научная конференция «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.», Четвертая Всероссийская конференции с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов», 9-ая международная научная конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность». Материалы конференций опубликованы в сборниках научных трудов.

Сотрудники Института выступили с докладами на крупных международных и всероссийских симпозиумах, конференциях, семинарах и др. Всего было представлено 255 докладов, из них на зарубежных – 33.

Сотрудники Института участвовали в подготовке материалов по поручениям Президента РФ, Правительства РФ, Президиума РАН, Отделения наук о Земле РАН, других государственных органов, в отчетном году было подготовлено 11 документов.

Ведущие специалисты Института участвуют в работе международных организаций – ЮНЕП, ЮНЕСКО, МАГ, МАГИ, МАГН, МАГАТЭ, GEM, IANR, ICOLD, Американского геофизического союза, Европейского союза геофизических наук и др.; Комиссии по гидро-

логии снега и льда Международной Ассоциации гидрологических наук, Международной комиссии по большим плотинам, Комиссии по экологической безопасности Совета безопасности РФ, Комитета РАН по системному анализу, научных, научно-технических и экспертных советов РАН, Минобрнауки РФ, Минприроды РФ, Федерального агентства водных ресурсов, «РусГидро», Фонда «Устойчивое развитие», Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши» и др.; являются председателями и членами международных и всероссийских комитетов, комиссий, проблемных научных и диссертационных советов. Сотрудники Института работают в редколлегиях журналов: «Водные ресурсы», «География», «Аридные экосистемы», «Вода, химия, экология», «Биосфера», «Век глобализации», «Экологическое планирование и управление», «Метеорология и гидрология», «Инженерная экология»; «Водоснабжение и канализация», «Стандарты и качество», «Недропользование—XXI век» и др.; международных журналов: «Hydrology», «Hydrological sciences», «The Global Atmosphere and Ocean System», «Journal of hydrology and hydromechanics», «Hydrology and Earth System Sciences», «Open Hydrology Journal», «Earth System Science Data», «AQUA mundi», «Environmental geology»; участвуют в разработке федеральных целевых и ведомственных программ и экспертизах крупных проектов.

Институт является базовой организацией Научного совета ОНЗ РАН «Водные ресурсы суши». Осуществлялась координация исследований по направлениям Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. Проводилось согласование планов и программ научных исследований, обсуждение полученных результатов на всероссийских совещаниях и рабочих встречах, обмен информацией и совместные публикации.

Сотрудничество с отраслевой наукой (ГГИ, ГХИ, ВСЕГИНГЕО, ЗАО «Ленгипроречтранс», ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, КаспНИРХ, ГОИН и др.) и вузами страны осуществлялось в рамках программ фундаментальных исследований РАН, при выполнении государственных контрактов по федеральным целевым и отраслевым программам, хозяйственной тематики, проведении совместных теоретических и натурных исследований.

Институт поддерживает творческие связи с высшими учебными заведениями страны. Сотрудники института читают циклы лекций в МГУ им. М.В. Ломоносова, Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, Московском государственном университете геодезии и картографии, Московском государственном университете природообустройства, Академии государственной службы при Президенте РФ, Международном университете природы, общества и человека («Дубна»), Московской государственной геологоразведочной академии, Российском университете дружбы народов, Южном федераль-

ном университете, Астраханском государственном техническом университете, Ростовском государственном университете путей сообщения и др. Ведущие ученые Института являются членами ученых и диссертационных советов вузов, руководят курсовыми и дипломными работами студентов.

Проводятся совместные теоретические и экспериментальные работы с Российским университетом дружбы народов, Астраханским государственным техническим университетом, Южным федеральным университетом и др. в соответствии с договорами о научно-техническом и творческом сотрудничестве.

Продолжена деятельность общеобразовательных структур, созданных при ИВП РАН: кафедры водных ресурсов Института водных проблем РАН; кафедры Института водных проблем на экологическом факультете Российского Университета дружбы народов «Экология и управление водными ресурсами»; Научно-образовательного центра (НОЦ) «Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление», созданного совместно с кафедрой гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; международной кафедры ЮНЕСКО «Управление водными ресурсами и экогидрология».

Международная деятельность Института осуществлялась в различных формах: научные исследования в рамках двухсторонних соглашений; выполнение совместных научных экспериментов; подготовка монографий и публикаций; участие в международных научных мероприятиях; работа в международных комитетах, советах, комиссиях и др.

Сотрудники Института поддерживают творческие связи с учеными Австрии, Бельгии, Болгарии, Великобритании, Вьетнама, Германии, Дании, Египта, Израиля, Китая, Кореи, Норвегии, Монголии, Польши, Словакии, США, Тайваня, Финляндии, Франции, Чехии, Шотландии, Японии, стран СНГ и ближнего зарубежья; являются председателями, вице-президентами, членами комитетов и комиссий международных организаций ЮНЕП, ЮНЕСКО, МАГИ, МАГН, МАГАТЭ и др.

Всего состоялось 32 зарубежных командировки (для участия в конференциях, чтения лекций, докладов, заседаниях комитетов и комиссий, проведения совместных исследований и полевых работ, подготовки совместных публикаций).

В настоящее время общая численность Института составляет 214 человек, в том числе научных сотрудников – 130 (из них докторов наук – 41, кандидатов наук – 74). В составе научных кадров: 2 члена-корреспондента РАН, один иностранный член Болгарской академии наук, 4 академика Водохозяйственной академии, 7 академиков Российской экологической академии, один академик и 2 члена-корреспондента Российской академии естественных наук. Пять ученых Института удостоены почетного звания «Заслуженный деятель нау-

ки Российской Федерации».

Подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации осуществляется через аспирантуру Института согласно лицензии на ведение образовательной деятельности по образовательным программам послевузовского образования и Свидетельству о государственной аккредитации по двум направлениям: Науки о Земле (шифр 05.06.01) и Техника и технологии строительства (шифр 08.06.01).

В отчётном году на очное отделение было принято, согласно контрольным цифрам, установленным Министерством образования и науки РФ, 6 человек, на заочное – 1; закончили аспирантуру 6 человек (в т.ч. 3 – очное отделение). По состоянию на 01.12.2015 г. общее количество аспирантов – 26 человек, в т.ч. 16 – очного обучения.

Продолжена работа кафедры водных ресурсов; на кафедре работают 7 профессоров, 11 доцентов и 3 старших преподавателя.

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утверждённым приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 870, аспирантам читаются курсы лекций по 18 специальным дисциплинам, а также по истории и философии науки, педагогике и психологии высшего образования, методологии научных исследований, иностранному языку.

В Институте работает Диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук по специальностям: 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (географические, технические и физико-математические науки); 25.00.36 – Геоэкология (географические науки). В 2015 г. на Диссертационном совете защищены 3 кандидатские диссертации.

В отчетном году состоялось 11 заседаний Ученого совета, на которых рассмотрены сообщения по тематике фундаментальных исследований; программах и планах научно-исследовательских работ Института; вопросы, связанные с выполнением «Плана мероприятий по повышению эффективности деятельности Института водных проблем РАН на основе целевых показателей (дорожная карта), совершенствованием системы оплаты труда»; темы и планы работ аспирантов; положения о работе аспирантуры, отчёты по государственным контрактам, итоги оценки показателей результативности научной деятельности; внесение изменений в структуру Института; вопросы финансовой и научно-организационной деятельности.

Регулярно работали секции Ученого совета «Гидрология суши, водные ресурсы, управление» и «Качество вод и экология», а также общеинститутский теоретический семинар под руководством чл.-корр. РАН В.И. Данилова-Данильяна.

В декабре 2015 г. проведена итоговая научная сессия Ученого совета по рассмотрению результатов выполнения государственного задания и отчёта о научной, научно-организационной и финансовой деятельности Института за 2015 г.

Директор Института, чл.-корр. РАН

В.И. Данилов-Данильян

Ученый секретарь, к.т.н.

М.И. Степанова