



Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Управление водными ресурсами в Российской Федерации

А.Г. Алексеева¹

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия,
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 627.8

Научная статья

История

Подана в редакцию 24 апреля 2015
Принята 10 апреля 2015

Ключевые слова

управление водными ресурсами,
водопользование,
экологическое нормирование,
геоинформационные технологии,
математические модели

АННОТАЦИЯ

Водные ресурсы во многом определяют социально-экономическую устойчивость и направление развития страны. Благополучие и безопасность государства во многом определяется водохозяйственной и экологической безопасностью, уровнем водообеспеченности населения качественной питьевой водой, водоснабжением отраслей экономики, достоверностью и оперативностью прогнозирования чрезвычайных ситуаций на водных объектах, их своевременным предотвращением и минимизацией наносимого ущерба. Таким образом, управление водными ресурсами, рациональная организация хозяйственной деятельности, обеспечение бережного отношения к воде являются одной из актуальнейших задач управления страной в целом. В настоящей работе рассмотрены основные подходы к управлению водными ресурсами в Российской Федерации при решении проблем водообеспечения, охраны вод и защиты от половодий и паводков. Выявлены основные проблемы и недостатки системы управления водохозяйственным комплексом Российской Федерации, выделены основные сдерживающие факторы, препятствующие дальнейшему развитию водохозяйственного комплекса РФ, а также рассмотрены основные пути усовершенствования системы управления водными ресурсами.

Содержание

Введение	11
Управление водными ресурсами в Российской Федерации	11
Проблемы управления водными ресурсами	12
Математическое моделирование в управлении водными ресурсами	18
Управление экологическим состоянием водных объектов	24
Заключение	28

Введение

Водные ресурсы являются важной составляющей национального богатства любой страны. Теоретически водные ресурсы неисчерпаемы, так как при рациональном использовании они непрерывно возобновляются. Однако человечество все чаще сталкивается с проблемой обеспечения возрастающих потребностей в воде. Запасы мировых океанических и континентальных вод составляют 1,5 млрд.куб.км. По разным подсчётам доля пресной воды в общем объеме мировых вод составляет 2,53-3% или 31-35 млн.куб.км. При этом около 85—90 % запасов пресной воды содержатся в виде льда (Арктика, Гренландия, Антарктика), атмосферной и почвенной влаги, в подземных источниках и не доступны для освоения. Наибольшую ценность представляют запасы пресных вод рек и озёр, составляющие около 0,3% всей пресной воды планеты [3, 5, 10, 79, 112, 126].

Распределение пресной воды по земному шару неравномерно [130, 135]. В Европе и Азии, где проживает 70 % населения мира, сосредоточено лишь 39 % ее запасов [116]. Во многих странах и регионах мира уже сегодня ощущается недостаток водных ресурсов, усиливающийся с каждым годом [28, 104, 122]. Тенденция к утрате водными ресурсами свойства воспроизводимости, очевидно, тесно связана с общим экологическим неблагополучием на планете и его непрерывным усилением [77, 86, 96, 101, 117, 118].

Таким образом, основной задачей водного хозяйства является обеспечение всех отраслей и видов хозяйственной деятельности, а также экологических нужд водой в необходимом количестве и соответствующего качества [10, 29, 102, 114, 125, 128, 129, 131].

Управление водными ресурсами в Российской Федерации

Российская Федерация располагает значительными запасами пресных вод. По объему речного стока, составляющему в средний по водности год 4,3 тыс.км³, Россия занимает второе место в мире после Бразилии. Так в озере Байкал сосредоточено 26% мировых запасов озерной пресной воды. Байкал и другие крупные озера выводят нашу страну на первое место по запасам воды питьевого качества. В настоящий момент в России создана водохозяйственная структура, включающая в себя и самую протяженную в мире внутреннюю судоходную сеть [57, 84].

Необходимость управления водными ресурсами определяется изменчивостью во времени количества водных ресурсов в зависимости от их источника формирования, большой амплитудой изменения во времени, усиливающимся загрязнением, засолением, засорением водных ресурсов под воздействием природных и антропогенных факторов, и отрицательным воздействием водных объектов на природную среду и на объекты народного хозяйства (наводнение, подтопление и т.п.) [76].

Для управления водными ресурсами и сложными водохозяйственными системами в России, начиная с XVII века, на государственном уровне существуют службы, отвечающие за водное хозяйство страны [10].

Наибольшее количество функций государственного управления в области использования и охраны водных ресурсов в настоящий момент осуществляет находящиеся в ведении МПР России Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы) [61] и Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор). Федеральное агентство водных ресурсов осуществляет свою деятельность непосредственно или через свои территориальные органы (в том числе бассейновые) и через подведомственные организации, в состав которых входят 14 бассейновых водных управления (БВУ) по основным водным бассейнам и Байкалводресурсы, а также 47 федеральных государственных учреждений (ФГУ) и 3 федеральных государственных унитарных предприятия (ФГУП) во взаимодействии с другими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления, общественными объединениями и иными организациями [78]. Правовой основой всей водохозяйственной деятельности на территории Российской Федерации является Федеральный закон об охране окружающей среды от 10 января 2002 г. №7-ФЗ [85], Водный кодекс Российской Федерации от 03 июня 2006 г. №74-ФЗ [18], Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года от 27 августа 2009г. №1235-р [17].

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации, одним из принципов водного законодательства России является принцип регулирования водных отношений в границах бассейновых округов. Бассейны рек на территории России выделены строго по гидрографическим границам. Совместно

с подземными водными объектами, морями они составляют основу бассейновых округов, которые, в свою очередь, являются основной единицей управления в области использования и охраны водных ресурсов. На территории бассейновых округов ответственными органами за управление водными ресурсами и регулирование водопользования являются бассейновые водные управления (БВУ) [18, 24, 39].

Реализация бассейнового принципа управления водным хозяйством, хорошо сочетающегося с бассейново-ландшафтным подходом к природопользованию [1, 2], предусматривает создание системы получения и анализа информации по состоянию водных объектов речного бассейна и возникающим спорным вопросам для принятия оптимальных решений в области использования, восстановления и охраны природных вод; разработку плана управления речным бассейном; формирование бюджета для реализации программных мероприятий и финансовое обеспечение природоохранных мероприятий за счет платежей за загрязнение водных объектов и налогов за счет использования водных объектов и водных ресурсов при осуществлении хозяйственной и иной деятельности [18].

Проблемы управления водными ресурсами

Основными проблемами управления водными ресурсами Российской Федерации являются:

- раздробленность и неэффективность системы управления водными ресурсами [4, 7];
- отсутствие единой информационной базы получения, обработки и хранения информации;
- несоответствие современной методологической базы требованиям законодательства РФ;
- противоречивость требований к водопользованию;
- неэффективность экологического нормирования водопользования;
- вопросы, связанные с математическим моделированием водных систем и процессов, происходящих в них;
- управление водными ресурсами в соответствии с современным административно-территориальным делением страны;
- вопросы, связанные с водоохранными зонами при водных объектах и их регистрацией в кадастре недвижимости РФ [34, 37].

Все перечисленные проблемы существенно сказываются на качестве управления водными ресурсами нашей страны, что будет показано ниже.

Учитывая, что современное административно-территориальное деление не совпадает с гидрографическими границами бассейнов водных объектов, а сложившиеся отношения между элементами бассейновой системы во многом противоречивы, целесообразно создание структуры управления речным бассейном для решения проблем на общесистемном, суббассейновом, региональном, муниципальном уровнях, а также на уровне отдельного предприятия [86]. При этом важным аспектом является учет водоохраных территорий при формировании кадастровых зон [12].

На настоящий момент, согласно Водной стратегии РФ [13, 17, 47], приоритетным направлением совершенствования системы государственного управления является реализация следующих предусмотренных Водным кодексом Российской Федерации механизмов:

- разработка схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО);
- разработка нормативов допустимого воздействия на водные объекты (НДВ), учитывающих региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов;
- разработка новых и актуализация существующих правил использования водохранилищ (ПИБ) [68];
- ведение государственного мониторинга водных объектов [23];
- формирование единой информационно-аналитической системы управления водохозяйственным комплексом на основе Российского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного реестра.

Основой реализации любого из перечисленных механизмов системы управления водным хозяйством страны является наличие современной методической базы (см. рисунок 1). При обосновании любых, существующих на данный момент правил, схем, нормативов, ведении государственного мониторинга необходимы методологические подходы, отвечающие современным требованиям водного законодательства России, уровню развития экономики страны и социально-экономическому развитию общества.

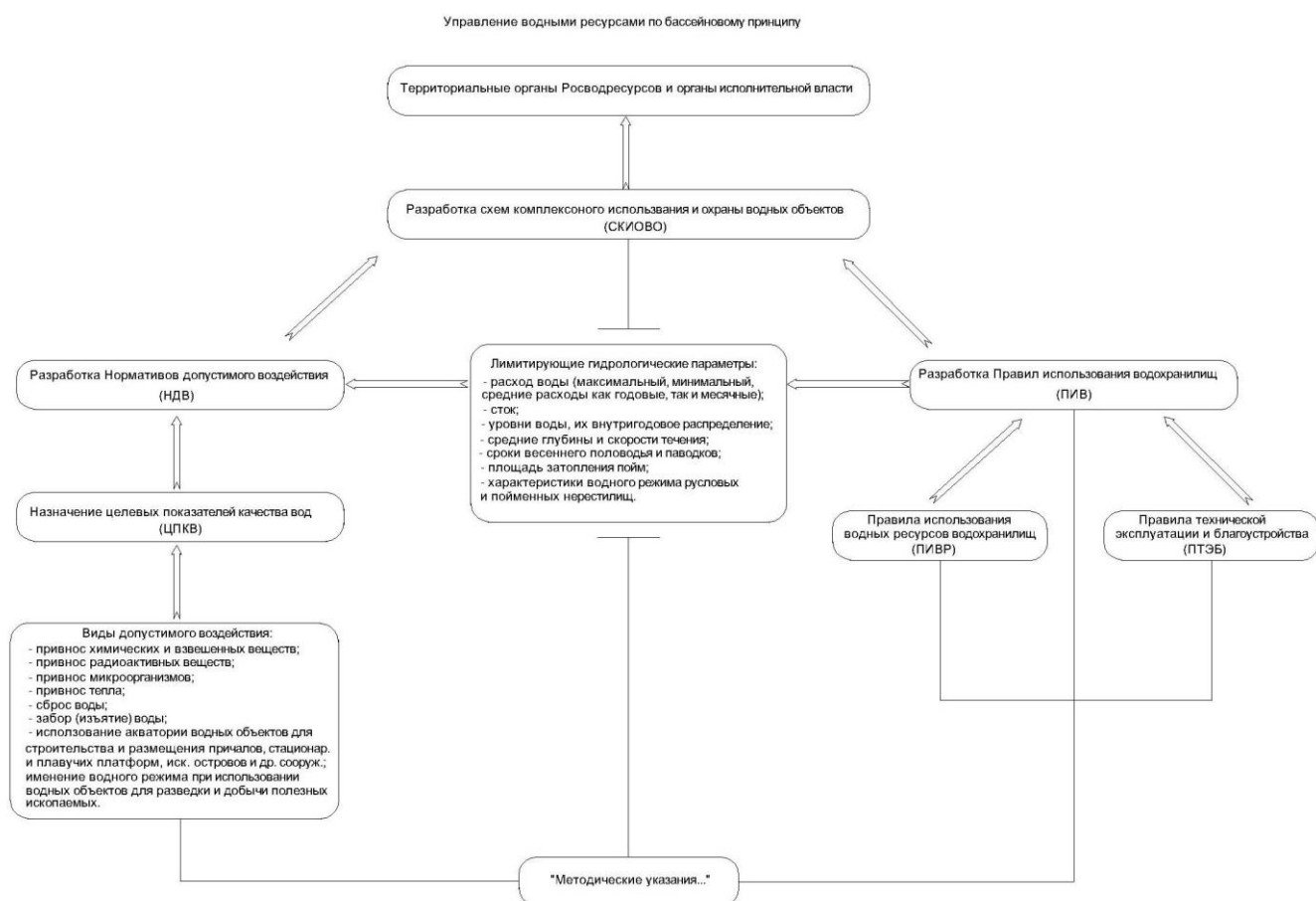


Рисунок 1. Управление водными ресурсами по бассейновому принципу [53, 56, 68, 69]

Так, в связи с отсутствием современных методических указаний в период действия прежнего Водного кодекса РФ было затруднено составление схем комплексного использования и охраны водных объектов. Имеющиеся тогда «Методические указания о составе, содержании, порядке разработки, согласования, утверждения и уточнения схем комплексного использования и охраны водных ресурсов», утвержденные «Минводхозом» СССР в 1987 г., были ориентированы на требования плановой экономики, что затрудняло их использование на современном этапе [53].

Необходимо отметить, что в настоящий момент также отмечается ряд недостатков современных Методических указаний по разработке СКИОВО, состоящие, по мнению автора [53], в неоправданной их детализации, сравнимой по многим показателям с требованиями к разработке Техничко-экономических обоснований (ТЭО), Обоснованию инвестиций, по степени и подробности их проработки - с Рабочей документацией. Чрезмерная подробность разработки проектов СКИОВО привела к значительному увеличению трудоемкости работ, значительному их удорожанию, по сравнению с трудоемкостью и со стоимостью разработки Схем комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВР). Подобные нововведения не позволяют, по мнению автора, повысить эффективность управления водными ресурсами нашей страны, что в очередной раз наглядно показывает ее несовершенство [53].

Разработка НДВ тоже имеет ряд недостатков и неточностей. На данный момент установление НДВ выделено в самостоятельную работу и исключено из состава разработки СКИОВО, что идеологически не обосновано и создает большие трудности, в особенности, в том случае, если разработка этих документов производится разными организациями и в разное время. Так в Методических указаниях даны виды воздействия на водные объекты, по которым следует разрабатывать НДВ, однако по некоторым из них не даны критерии для обоснования НДВ. Также в текст введено много не адаптированных для использования в нашей стране понятий и методических указаний, заимствованных из зарубежных документов. Так, например, рекомендуемые примеры расчета привноса химических и других веществ в водные объекты не отвечают современному уровню развития гидромеханики и физики [53,69].

Увеличение антропогенной нагрузки на водные объекты приводит к усложнению структуры водохозяйственных систем, участники которых предъявляют часто противоречивые требования к

регулированию, использованию, и охране вод, а также к защите от паводков. Режим регулирования стока и использования водных ресурсов крупных водохранилищ РФ определен несколько десятилетий назад, постоянно уточняется и совершенствуется, является предметом пристального внимания ученых и специалистов в области водохозяйственного и энергетического строительства (см. таблицу 1). Однако сложившиеся условия регулирования водных отношений в нашей стране не позволяют уделять должного внимания маломасштабным водным объектам, деградация которых, по мнению ряда авторов [91], идет с нарастающей скоростью, даже в центральном регионе Европейской территории России, что особенно ярко проявилось во время экстремальных погодных условий летом 2010 года.

Таблица 1. Правила использования крупных водохранилищ Российской Федерации

Наименование ПИВР	Год утверждения	Бассейновое водное управление
Правила использования водохранилищ Ковдинского каскада	1968 (в доработке)	Невско-Ладожское БВУ
Правила использования водохранилищ каскада Свирских ГЭС	2005	Невско-Ладожское БВУ
Правила использования водных ресурсов Угличского водохранилища	2011	Верхне-Волжское БВУ
Правила использования водных ресурсов Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилища	1983 (в доработке)	Нижне-Волжское БВУ
Правила использования Бурейского и Зейского водохранилища	1984 (в доработке: проекты 2004 и 2007 годов не утверждены)	Амурское БВУ
Правила использования Ангаро-Енисейского каскада	в доработке: проекты 2005-2007 годов не утверждены	Енисейское БВУ

К особенностям маломасштабных объектов можно отнести недостаточную гидрологическую изученность территории, связанную, прежде всего, с отсутствием функционирующих водомерных постов, а также отсутствие надежных прогнозов стока, затрудненность пространственной экстраполяции гидрологических характеристик, в связи с характерной высокой изменчивостью стока малых рек, и нередко полным отсутствием контрольно-измерительной аппаратуры на водных объектах, а также возможность аппроксимации расчетных гидрографов половодий и паводков аналитическими зависимостями. В экологическом плане для маломасштабных водных объектов типична высокая чувствительность к антропогенным воздействиям, повышенные требования к комплексным попускам из прудов и водохранилищ [30, 91].

Основным нормативным документом, регламентирующим режим наполнения и сработки, порядок пропуска половодий и паводков, размеры попусков в нижний бьеф гидроузла, а также порядок использования дна и берегов конкретных водохранилищ, являются «Правила использования водохранилищ» (далее - Правила) [60, 68]. Правила подлежат пересмотру по мере накопления опыта эксплуатации, изменения водохозяйственной обстановки, экологических требований к режиму использования стока, но не реже, чем один раз в 15 лет. Как разработка, так и пересмотр Правил требуют выполнения значительного объема специальных расчетов, от качества и достоверности результатов которых зависит эффективность и безопасность функционирования объекта [56].

Правила использования многих водохранилищ России разработаны более 50 лет назад. За это время произошло изменение режимов и объемов водопотребления, устарели критерии удовлетворения

требований к воде, вырос приоритет экологических проблем, появились возможности для исследования функционирования водохозяйственных систем с использованием компьютерных технологий [75].

История разработки и применения Правил насчитывает около четырех десятилетий. В конце 1950-х гг. было разработано, а в 1961 г. – утверждено «Положение о порядке использования водных ресурсов водохранилищ РСФСР», где указывалось, что «руководящим документом по использованию водных ресурсов водохранилищ в нормальных эксплуатационных условиях должны быть «Основные положения правил использования водных ресурсов» конкретного водохранилища». В 1960-е гг. были разработаны «Основные положения правил» десятков водохранилищ, в том числе крупнейших: Волжско-Камского и Ангара-Енисейского каскадов гидроузлов, Цимлянского гидроузла на р.Дон и других. Из последних документов основным являются методические указания по разработке «Правил использования водохранилищ» [56], учитывающие многолетний опыт разработки и использования основных положений правил использования водных ресурсов, основных правил использования водных ресурсов, правил эксплуатации водохранилищ Российской Федерации, а также современные требования водного законодательства Российской Федерации [8, 9, 56, 68]. Однако предпринятые доработки и уточнения Правил не решают в полной мере накопившиеся проблемы, поэтому особую актуальность приобретают вопросы методологии составления Правил и методики управления водными ресурсами в процессе регулирования стока [57, 75].

Так наличие детально разработанных Методических указаний, и, соответственно, разработанных на их основе Правил, в частности для ряда крупных водохранилищ (Рыбинское водохранилище, Ангара-Енисейский каскад, Ковдинский каскад, Зейское водохранилище), не решает в полной мере проблему управления водными объектами страны. Свободного доступа к утвержденным Правилам использования конкретных водных объектов нет (см. табл. 1), в отличие от проектов СКИОВО и НДВ, которые в свободном доступе представлены на электронных ресурсах Бассейновых управлений. На электронном ресурсе ФАВР (Росводресурсы), в частности занимающихся утверждением Правил, информация о данных нормативных документах также отсутствует, однако приводятся конкретные пошаговые указания по режиму эксплуатации ряда водохранилищ [61]. Таким образом, управление рядом водных объектов страны производится вручную, что вероятно вызвано трудностями и разногласиями между водопользователями, а также рядом других проблем, возникающих при составлении проектов Правил, описанных выше. Этот факт еще раз доказывает неэффективность функционирования современного водохозяйственного комплекса.

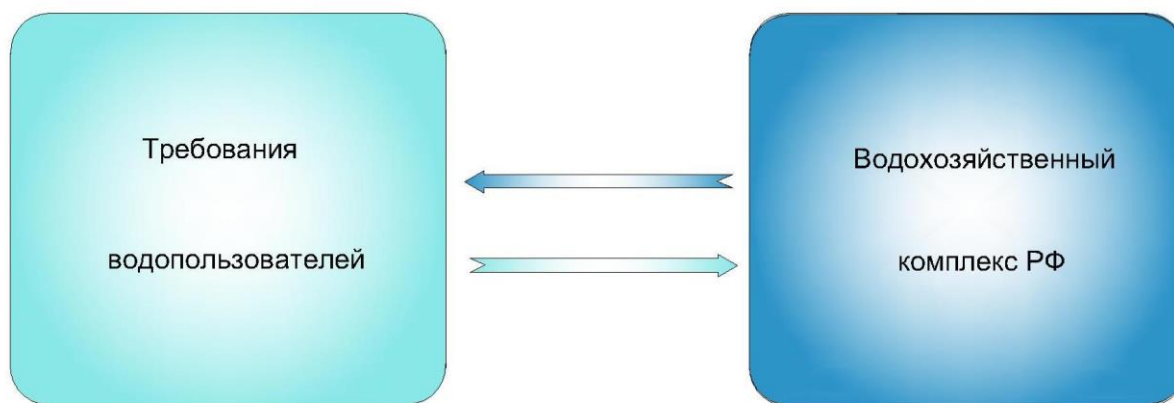


Рисунок 2. Схема взаимодействия водопользователей с Водохозяйственным комплексом РФ

Необходимо обратить внимание на проблему противоречивости требований к водопользованию. Зачастую потребности водопользователей в водных ресурсах достаточно противоречивы, или число водопользователей настолько велико, что приводит к необходимости ограничения водопотребления одного или нескольких из них в соответствии с основными принципами водного законодательства [59] (см. рис. 2). На бассейнах крупных рек, таких как р.Кубань и р. Волга, где число водопользователей и водопотребителей может достигать нескольких сотен, возникает проблема структуризации водопользования и составления водохозяйственных балансов [6, 27]. В связи с этим режимы крупных водных объектов, входящих в состав бассейнов данных рек, постоянно корректируются, а Правила использования многих крупных водохранилищ не утверждаются и так и остаются на стадии доработки. Одним из подходов к решению данной проблемы является построение схем водопользования - веерной и

сетевой структуризации водопользования [27, 74] (см. рис.3). Сложность в построении данных схем состоит в задаче обеспечения всех водопользователей необходимым количеством водных ресурсов соответствующего качества, при этом разработчики сталкиваются со множеством трудностей и неопределенностей, что делает процесс построения этих схем весьма трудоемким [140]. В настоящее время на основании названных схем происходит создание моделей различных уровней, которые, вероятно, в дальнейшем будут использованы в прикладных целях.

Одной из проблем управления водными ресурсами водохранилищ в настоящий момент является отсутствие единой информационной системы хранения и обработки данных, поступающих на бумажных и электронных носителях от водопользователей (собственников) в ФАВР. Наличие временного интервала в наблюдениях от получения информации, обработки данных и их анализа до принятия решений, а также концентрация огромных объемов информации в территориальных представительствах ФАВР сказываются на оперативности принятия решений, в особенности, в случае необходимости корректировки режима водопользования, что в целом отражается на эффективности системы управления водными ресурсами Российской Федерации [23].

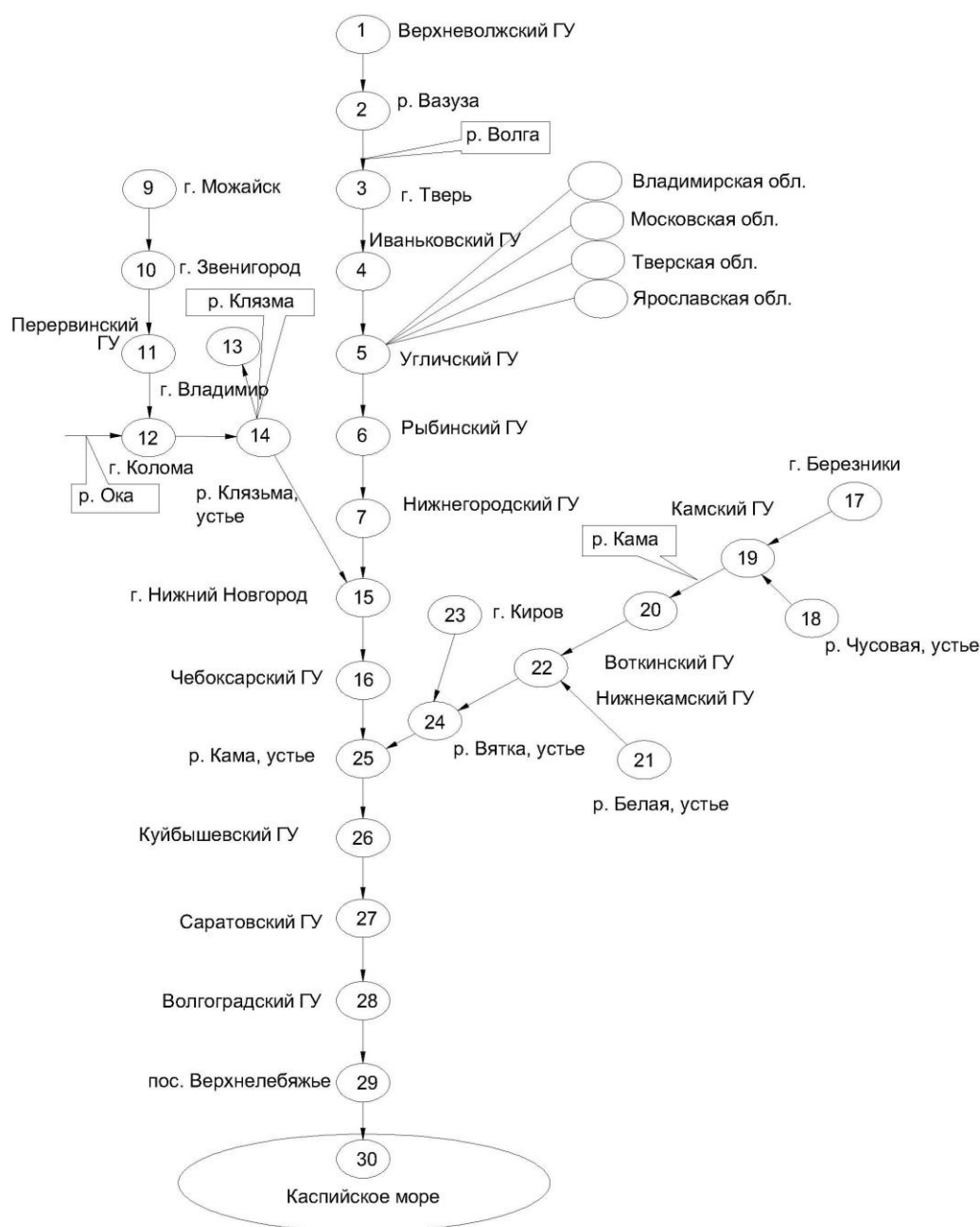


Рисунок 3. Сетевая структуризация водопользования в Волжском бассейне (на примере Тверской области) [27]

Ввиду необходимости учета большого объема и разнообразия данных для реализации этих задач необходимо создать специальное информационное обеспечение на базе современных компьютерных средств [55, 66, 75]. Сюда входят: базы данных, базы знаний (опыт предыдущих действий и правовые основы) и системы прогнозирования последствий того или иного варианта действий, в том числе на основе экспертных оценок. Совокупность таких элементов принято называть системой поддержки принятия решений, для реализации которых необходимо разработать соответствующие информационные технологии, представляющие собой наращиваемую систему с расширяемой базой данных и экспертным оцениванием по методу анализа иерархий [77]. В настоящий момент предложено множество моделей модернизации системы управления водными ресурсами [65, 76, 77, 91].

Многими авторами [76] была предпринята попытка систематизации методических подходов к построению системы Правил в виде проекта электронного редактора. Под электронным редактором понимается программная оболочка для разработки Правил, включающая функциональные, информационные и управляющие блоки. Блок-схема редактора представлена на рисунке 4. Такой документ может оказать серьезную помощь при составлении (либо корректировке) Правил, поскольку он содержит саму последовательность позиций, данные о задачах каждого раздела, освещает состояние рассматриваемого вопроса, нормативную базу, методику решения, литературные источники. Редактор создается для облегчения задач, решаемых составителями Правил, регламентации формы и содержания этого документа и должен учитывать как многолетний опыт составления и использования Правил для водохранилищ энергетического и комплексного назначения, так и современные положения Российского водного законодательства.

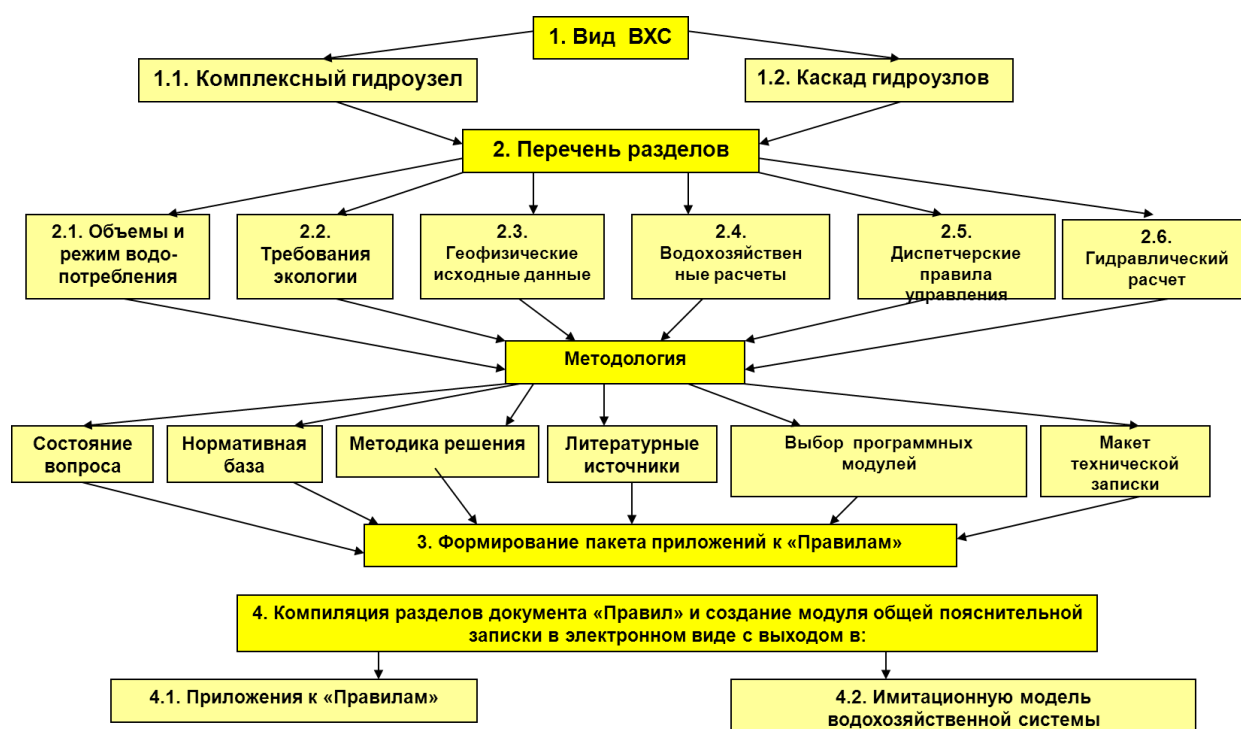


Рисунок 4. Блок-схема электронного редактора Правил управления водными ресурсами водохранилищ [76]

Математическое моделирование в управлении водными ресурсами

Математическое моделирование физических явлений и процессов, происходящих как в самом водном объекте, на территории его водосбора, так и за пределами его, а также разработка ряда климатических моделей весьма актуальны в данный момент [26, 40, 41, 42, 43, 44, 54, 70, 73, 87, 88, 89, 90, 106, 107, 108, 109, 121, 136].

Ярошевский Д.М. в своей статье [30] обосновал основные критерии составления математических моделей для маломасштабных водных объектов, дал краткое структурное описание системы математических моделей, а также определил основные трудности в механизмах их реализации связанных с учетом всех необходимых параметров водохранилищ и неоднородности моделируемых процессов. Согласно автору существующие математические модели применительно к маломасштабным водным объектам можно разделить как по основным проблемным направлениям, так и по видам применяемых моделей.

Так, основными направлениями в данной области исследования являются:

- обеспечение потребностей водопользователей в необходимом количестве водных ресурсов;
- мероприятия по сохранению качества вод, борьба с деградацией водных объектов, решение комплекса водно-экологических проблем;
- защита объектов от вредного воздействия вод, в первую очередь – от половодий и паводков.

При рассмотрении видов применяемых моделей различают:

- динамические стохастические модели [95];
- модели имитационного типа.

По наличию пространственной привязки модели разделяют на:

- модели, основанные на геоинформационных системах (см. таблицу 3);
- модели, не имеющие пространственной привязки (см. таблицу 4).

При осуществлении моделирования по перечисленным направлениям разработчики часто стоят перед выбором выразить весь спектр задач в форме единой целостной модели, либо разбить систему на большее число частных задач. При этом выбор первого варианта иногда может дать возможность записать целостную модель на бумаге, однако впоследствии могут возникнуть трудности с ее реализацией, в связи с рядом вычислительных трудностей. Выбор же последнего варианта может привести к непреодолимым трудностям в организации взаимодействия ряда частных задач. Автор также отмечает, что многие частные проблемы, выраженные в моделировании ряда процессов, все еще содержат не вполне разработанные методологические вопросы. Своеобразным лимитирующим фактором для разработки комплексных математических моделей применительно к маломасштабным водным объектам является отсутствие репрезентативных наблюдений за речным стоком и качеством водных ресурсов [98, 120]. Также остается нерешенной проблема структуризации систем разнородных математических моделей.

В настоящий момент существует ряд реализованных моделей водохозяйственных систем, применявшихся авторами [8,9, 16,29, 31, 35, 36, 79, 80, 81, 92, 103, 105, 123, 134, 141] на многих реальных объектах, отличавшихся своим масштабом, сложностью водохозяйственной системы и разнообразием характеристик водопользования. В таблице 2 представлены математические модели водных объектов и водохозяйственных систем, а также модели, использующиеся в процессе их эксплуатации, основанные на ГИС. В таблице 3 представлены математические модели водных объектов и водохозяйственных систем, а также модели, использующиеся в процессе их эксплуатации, не привязанные к ГИС.

Как видно из представленных материалов основными разработчиками моделей, используемых при управлении водохозяйственным комплексом нашей страны, являются:

- DHI: Water.Environment.Health. - мировой лидер в области разработки и применения программных продуктов и компьютерных технологий для гидрологии, гидротехники, водоснабжения, канализации и дренажа, гидрогеологии, океанологии и охраны водной среды. Датская компания

DHI создала целую серию многоцелевых программных комплексов для анализа, прогноза и управления водными ресурсами как подземных, так и поверхностных вод в системе рек и каналов, а также открытых водных пространств, эстуариях и прибрежных зонах морей. Данные комплексы также включают пакеты для оценки качества вод и экологического состояния окружающей среды. Продукты данной компании охватывают практически весь спектр задач, решаемых при планировании и ведении водохозяйственной деятельности, и, по нашему мнению, заслуживают особого интереса, как со стороны водопользователей, так и со стороны управляющей составляющей водохозяйственного комплекса [63].

- Необходимо также отдельно отметить комплекс программ американской компании Aquaveo, разрабатывающей программное обеспечение для экологического моделирования. Данная компания выпускает продукты для управления как подземными, так и поверхностными водами [64];
- Разработкой моделей в нашей стране, как видно из таблицы 2 и 3, в основном занимаются специалисты государственных учреждений при Российской Академии Наук, основными из которых являются:
 - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский экономико-математический институт Российской академии наук (СПб ЭМИ РАН);
 - Федеральное государственное бюджетное учреждение наук Институт Озероведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН) [63];
 - Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (ИВПС КарНЦ РАН);
 - Институт водных и экологических проблем СО РАН г. Новосибирск(ИВЭП СО РАН г. Новосибирск);
 - Сибирский федеральный университет, Институт биофизики СО РАН г.Красноярск;
 - Российская академия наук Институт водных проблем(ИВП РАН);
- Федеральные службы: ФСБ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромет) - Государственный гидрологический институт (Валдайский филиал ГГИ);

Таблица 2. Математические модели, основанные на ГИС

Название	Разработчик	Назначение	Примечание
Гидравлическая модель водной системы Украины [36]	Морской гидрофизический институт Национальной академии Наук Украины	Модель водостока, которая по данным о возвышении земной поверхности, его пространственным производным, поверхностном и подземном стоке позволяет рассчитать объемы, расход и уровни воды с пространственным разрешением в 1 км	Модель предусматривает возможность использования данных о покрытии земной поверхности (свойства почвы, растительность и т.д., использованы данные модели "GTOPO 30")
Серия программных комплексов Mike [63]: – MikeBasin,	DHI: Water.Environment.Healt h.	Программные средство для планирования и управления комплексным использованием	Используется для решения вопросов, связанных как с планированием распределения воды,

Название	Разработчик	Назначение	Примечание
– MikeHydro, – MikeFlood – Mike SHE – Mike 11 – Mike 21 – Mike 3		водных ресурсов как речных бассейнов, так и открытых водных пространств, эстуарий и прибрежных зон морей (многоцелевые моделирующие пакеты на базе ArcGIS)	совместного водопользования, работы водохранилищ, так и для решения вопросов, связанных с качеством водных ресурсов
ECO LAB [63]	DHI:Water.Environment.Health.	Цифровая лаборатория экологического моделирования водных экосистем	Применяется при моделировании ряда процессов и определении: содержания растворенного кислорода;переноса/разложения загрязняющих веществ;сохранения питательных веществ;эвтрофикации;цианобактерий;макрофитов;содержания металлов;качества воды (купание);аквакультур.
FEFLOW [63]	DHI:Water.Environment.Health.	Программный продукт для гидрогеологического моделирования: движение грунтовых вод, перенос примесей и тепла в недрах земли.	Позволяет производить расчет гидрогеологических условий, прогнозировать и контролировать просачивание дамб и плотин; взаимодействие подземных и поверхностных вод; поведение грунтовых вод на различных территориях, а также при строительстве зданий и сооружений и т.д.
Surface-water Modeling System (SMS) [64]	Aquaveo	Программный продукт предлагает комплексное решение для эффективного управления процессом моделирования поверхностных вод	-
Groundwater ModelingSystem(GMS)	Aquaveo	GMS является самым передовым	-

Название	Разработчик	Назначение	Примечание
[64]		программным обеспечением для выполнения моделирования подземных вод в трехмерной среде	
Модели общей циркуляции атмосферы и океана ECHAM4, HadCM2, MRCGCM, CSIROMK3, GFDLCM 2.0 [40]	ECHAM4 (Германия, MaxPlanckInstitute), HadCM2 (Великобритания, HadleyCentre), MRCGCM (Япония), CSIROMK3 (Австралия), GFDLCM 2.0 (США)	-	Используются для прогнозирования изменений в бассейне Верхней Волги

Таблица 3. Математические модели, не привязанные к ГИС

Название	Разработчик	Назначение	Примечание
FLake-параметризованная модель годового цикла гидротермодинамики озера [62]	Институт озероведения РАН	Модель предназначена для воспроизведения годового цикла термического режима и условий перемешивания в озерах	Модель внедрена в практику численного прогноза погоды в метеорологических организациях разных стран мира: Российской Федерации, Германии, Великобритании, Канады, Португалии, США, Франции, Финляндии, Швеции и Международного Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды. В настоящее время модель FLake используется в различных целях в 40 научных организациях во всем мире
Модель Окуловской водохозяйственной системы	Филиал Валдайский ГГИ	Модель предназначена для расчетов гидрографов талого и дождевого стока с водосборов, уровней воды, а также построения диспетчерских графиков для водохранилища Боровновской ГЭС, Горнешинского и Обреченского водохранилищ (Окуловский район Новгородской области)	Модель позволяет выполнить расчеты гидрологических характеристик с неизученных водосборов рек Боровно, Шегринки и Перетны, а также визуализировать полученные результаты
Комплекс моделей озеро-водосбор для Псковско-Чудского озера [62]	ИНОЗ РАН, ИВПС КарНЦ РАН и ученые Германии	Гидрологические модели водосбора, модели термогидродинамики(модель POM), включает оригинальные модели Flake и FLakeEco	С использованием моделей FLake и FLakeEco смоделирована многолетняя динамика термического и кислородного режимов Псковско-Чудской озерной системы, а также двух разнотипных озер – Мюггелзее(полимиктическое) и Хайлигензее (димиктическое), расположенных в черте г.Берлин.

Название	Разработчик	Назначение	Примечание
Модели термодинамики и экосистем Ладожского и Онежского озер[103]	СПб ЭМИ РАН при участии ИНОЗ РАН и ИВПС КарНЦ РАН	Оценка и прогноз изменений гидрологического режима, экосистем озер при развитии экономики и изменений климата	-
Гидрологическая модель формирования стока с водосбора ILHM (Institute of Limnology Hydrological Model) [62, 90]	Институт озераведения РАН (Кондратьев, Шмакова, 2005; Кондратьев, 2007)	ILHM - модель формирования стока с водосбора предназначена для расчетов гидрографов талого и дождевого стока с водосбора, а также уровня воды в водоеме	Модель прошла верификацию на ряде объектов, расположенных в Северо-западном регионе России (водосборы рек Тигода, Лижма, Сянъя, Олонка, Сунна, Шуя, Оять, Сянь, Вуокса, Свирь, Великая, Нева) и Финляндии (водосборы рек Мустайоки и Харайоки). В настоящее время успешно применяется для решения задач оценки воздействия климатических изменений на сток рек Северо-запада РФ, а также в качестве основы для расчетов выноса биогенных веществ с водосборов
Детерминировано-стохастическая (ДС) моделирующая система для оценки характеристик стока и биогенной нагрузки на водные объекты [62, 90]	Институт озераведения РАН	ДС моделирующая система для оценки характеристик стока и биогенной нагрузки предназначена для оценки параметров распределения стока и биогенной нагрузки на водные объекты	ДС моделирующая система использовалась для решения задачи оценки параметров распределения годовых значений стока и биогенной нагрузки, сформированной различными источниками загрязнения на Российской части водосборной территории Финского залива Балтийского моря

Название	Разработчик	Назначение	Примечание
Модель оценки стока наносов неизученных рек [62]	Институт озероведения РАН	Модель позволяет оценить средние годовые значения твердого стока рек при наличии и отсутствии наблюдений за расходами воды (Шмакова, 2011, 2012).	Апробация модели проводилась на реках Северо-запада России (Оять, Паша, Мста, Полометь). Выполнен расчет заиливания водохранилища Сестрорецкий Разлив под воздействием стока наносов рек Черная и Сестра.
Оригинальная модель термогидродинамики уникальной экосистемы оз.Байкал [62]	ИВЭП СО РАН (Новосибирск)	Комплекс двумерных вертикальных численных моделей формирования и развития термобара в глубоких и сверх глубоких озерах	-

Управление экологическим состоянием водных объектов

Проблема управления качеством воды речных бассейнов и их экологическим состоянием весьма актуальна в настоящий момент. Свидетельством неблагополучия в этой области служит продолжающееся снижение качества воды и ухудшение экологического состояния водных объектов страны по мере ее экономического роста [20, 23, 45, 46]. В водоохранном аспекте недопустима бесплатность сброса сточных вод или дренажных вод. Сточные воды, даже после очистки до санитарных норм, отличаются от природных повышенным содержанием загрязняющих вещества, которое снижает потребительную стоимость воды. Возврат их в водоемы отрицательно влияет на качество воды [86].

По мнению ряда исследователей [25, 86] платность водопользования с целью экономического обеспечения водоохранной деятельности включает в себя решение ряда ключевых проблем:

- дифференциации размеров платежей по регионам;
- модернизация механизмов взимания платежей, контроля над их поступлением, а также способов принуждения к их внесению;
- создание прозрачной структуры специализированных финансово-управляющих органов подчиненных и подотчетных одному органу исполнительной власти;
- обеспечение поэтапного ужесточения нормативов, расширение спектра учитываемых загрязнителей и увеличение тарифных ставок, как на нормативное, так и на сверхнормативное водопользование.

Примером для подражания может стать опыт стран Европейского Союза, где основополагающим принципом улучшения качества воды является внедрение наилучших доступных технологий [99, 110, 101, 127, 136]. Для предотвращения пагубного влияния сброса сточных вод промышленных предприятий, водоочистных сооружений и т.п. на реки и другие водные экосистемы Европейский союз в 2000 году утвердил Рамочную директиву по водной среде, целью которой является восстановление загрязненной воды до «хорошего» состояния к 2015 году [94, 100, 111, 133].

На сегодняшний день водная политика Евросоюза признает следующие основополагающие принципы:

- высокий уровень охраны с учетом разнообразия ситуаций в различных регионах Сообщества (ЕС);
- принцип предосторожности;
- предупредительные мероприятия;

- очистка от загрязнений у источника;
- принцип «Загрязнитель Платит»;
- интеграция политики в области охраны окружающей среды с другими политиками Сообщества (ЕС), например, сельскохозяйственной, транспортной, энергетической;
- содействие устойчивому развитию.

Тарифы на воду из подземных источников в нашей стране были введены еще в СССР в 1984 г. Их величина предусматривала возмещение затрат на гидрогеологические работы и не более того. На основании методических подходов был составлен прейскурант № 03-03 «Тарифы на воду, забираемую из водохозяйственных систем (поверхностные и подземные источники)». В 1990 г. были разработаны новые методические рекомендации по определению платы за пользование природными ресурсами, в том числе водными. Согласно этим рекомендациям система платежей за водопользование включает в себя: плату за право пользования (или изъятие) водными ресурсами; воспроизводство и охрану природных ресурсов (аналог платежей за воду, забираемую из водохозяйственных систем); сброс загрязняющих веществ в водоемы [71, 72]. В настоящий момент на территории Российской Федерации действуют разработанные для конкретных бассейнов рек Нормативы допустимого воздействия (НДВ), а также Нормативы допустимых сбросов веществ (НДС) в водные объекты, в рамках которых происходит выделение лимитов на водопользование [69]. Однако считать их эффективными на данный момент не представляется возможным. Так, соблюдение нормативов (НДС), разработанных для отдельных предприятий, зачастую оказывается невозможным в связи с неадекватностью назначения ряда допустимых показателей сбросов загрязняющих веществ, ориентированных на страны Запада, что, применительно к социально-экономической ситуации в нашей стране, практически исключает возможность модернизации производства и, таким образом, вынуждает предприятия регулярно платить за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты, что, очевидно, негативно сказывается на экологическом состоянии последних.

Изучение экологического аспекта водопользования в настоящий момент весьма актуально, что подтверждается многочисленными публикациями работ исследователей-гидрологов, лимнологов, экологов, био-, геохимиков, гидрогеологов и пр. [32, 33, 50, 51, 52, 58, 110, 115, 132, 138, 139], занимающихся исследованиями сложившейся экологической обстановки на водных объектах нашей страны. В ряде случаев мы сталкиваемся с тотальным загрязнением водных объектов, приводящим не только к непригодности воды к употреблению, но и к гибели водной флоры и фауны. К сожалению, примером могут послужить многие водные объекты нашей страны, на которых не производились исследования и мониторинг качества окружающей среды. В полной мере это относится к маломасштабным водным объектам (малые реки).

Необходимо отметить наличие большого числа бесхозных гидротехнических сооружений (ГТС), находящихся в полуразрушенном, аварийном состоянии и представляющих угрозу как для человека, так и для природных объектов и экосистем. Бесхозные ГТС представлены преимущественно грунтовыми дамбами небольшой высоты и протяженности, возведенными для создания прудов и водохранилищ мелиоративных и животноводческих комплексов, рыборазведения, противопожарных водоемов, а также других водных объектов муниципального значения. Объектами потенциально повышенной опасности являются большинство подпорных ГТС, представленных плотинами малых и средних водохранилищ, многие из которых эксплуатируются без ремонта и реконструкции 30 и более лет. Указанные ГТС были построены ликвидированными или обанкротившимися в настоящее время организациями. В настоящее время ведутся работы по выявлению, ликвидации и передаче в собственность бесхозных ГТС в соответствии с требованиями нормативно-правовой базы Российской Федерации (117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и др.). Работа по передаче в собственность бесхозных ГТС осложняется отсутствием в законодательстве Российской Федерации норм по обязательному оформлению прав собственности. Муниципальные образования отказываются принимать бесхозные ГТС, поскольку это влечет за собой необходимость финансирования мероприятий по их приведению в безопасное состояние.

Изменение гидрологического режима водных объектов, находящихся на территории ООПТ, вследствие снижения или полной утраты регулирующей способности ГТС, расположенных на данных водных объектах, оказывает негативное воздействие как на водные, так и на наземные экосистемы. Весьма веским доказательством этому может послужить гидроузел на Водлозерском водохранилище (Пудожский район Республики Карелия). По прогнозам специалистов, некогда отремонтированный гидроузел, располагающийся на территории ООПТ (Водлозерский национальный парк), в данный момент бесхозный и пока еще обеспечивающий подпор вод, с течением времени будет необратимо разрушен, а

водохранилище опорожнено. Последствия такого хода событий предсказать несложно. Также можно отметить неудовлетворительное состояние комплекса гидротехнических сооружений самого верхнего водохранилища в Окуловской водохозяйственной системе, расположенной на территории ООПТ (Валдайский национальный парк) - водохранилища Боровновской ГЭС [66], а также ряда разрушенных в настоящий момент плотин, некогда регулировавших сток р. Шегринка, в водах которой обитает редкий моллюск – жемчужница речная (*Margaritifera margaritifera*), занесенный в «Красную книгу». Практически полный перехват стока р. Шегрики и переброска его в водохранилище посредством соединяющего их искусственного канала, а соответственно значительное изменение гидрологического режима реки, выраженном в ее истощении ниже по течению, могут привести к гибели редкой водной флоры и фауны.

Все вышесказанное показывает необходимость обращения особого внимания на состояние водных объектов нашей страны и принятие необходимых мер по их восстановлению.

Множество исследований в данный момент направленно на изучение, а также математическое моделирование процессов миграции элементов в системе почва-вода-атмосфера, применительно к конкретным объектам [50, 51, 52, 137]. Особое внимание при этом уделяется вопросам миграции ряда биофильных элементов таких, как фосфор, азот, калий, а также изучению органического вещества водных объектов (ОВ) [119]. В составе различных соединений, в частности, в составе донных отложений (илы), а также водорастворимых форм органических веществ, исследуемые элементы претерпевают ряд изменений, связываются, перераспределяются в пространстве и времени, накапливаются в составе донных осадков, что в целом сказывается на экологическом состоянии водных объектов и, соответственно, на качестве воды.

Одной из основных причин неудовлетворительного качества питьевой воды является широко распространенное загрязнение источников водоснабжения химическими соединениями антропогенного происхождения [21, 22, 124]. К таким загрязнителям относят: минеральные удобрения, ядохимикаты, детергенты, нефтепродукты, соли тяжелых металлов. В число наиболее опасных загрязнителей природной среды входят тяжелые металлы и их соединения, которые не подвергаются процессам разложения, а перераспределяются между отдельными компонентами экосистемы, аккумулируясь в донных отложениях [93]. Содержание в воде различных поллютантов и ряда биофильных элементов нормируется с помощью НДВ.

Необходимо также коснуться ряда вопросов, связанных с водоохранными зонами, также достаточно широко освещенных в литературе [37, 82]. Согласно ст. 65 Водного Кодекса РФ водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира [83]. Таким образом, водоохранные зоны – зоны с особыми условиями использования земельных участков и режима хозяйственной деятельности.

Проблемы захламления и несанкционированной застройки территорий водоохранных зон достаточно подробно рассмотрены в работах ряда исследователей [37].

Необходимо остановиться на рассмотрении вопроса, связанного с системой учета водоохранных зон в Государственном кадастре недвижимости. Водоохранные зоны формируются в соответствии со ст. 65 ВК РФ, и их размер зависит от вида водного объекта и его протяженности, но не определяется тем, сформированы или нет земельные участки на соответствующей территории и какие права на них закреплены. Однако земельные участки могут быть сформированы в любой момент, даже когда водоохранная зона на данной территории уже существует, т.е. земельный участок образовывается в пределах водоохранной зоны. Законодательством не определено, кто, в каком порядке должен обращаться за государственной регистрацией ограничения прав и на каком этапе предоставления земельного участка [12]. Не ясно, может ли являться отсутствие государственной регистрации ограничения права основанием для оспаривания сделки с таким земельным участком и признания ее недействительной. Также не определено как будет распространяться ограничение права пользования земельным участком в случае нахождения в пределах водоохранной зоны лишь части его. Эти вопросы требуют детальной разработки и конкретизации в законодательстве. Постановлением Правительства РФ от 10.01.2009 №17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов» был внесен ряд поправок в процедуру установления водоохранных зон, позволяющий, по мнению ряда авторов [68], внести недостающие сведения в кадастр недвижимости. Однако на наш взгляд, данный вопрос на настоящий момент в полной мере не решен.

Таким образом, решение задачи обеспечения экологической безопасности территории Российской Федерации (субъекта РФ) требует комплексного подхода как в территориальном разрезе (от масштабов региона до конкретной небольшой территории) так и во временном (от экстренного реагирования при возникновении аварийных ситуаций до долгосрочного планирования природоохранных мероприятий). Наиболее эффективно эта работа может быть проведена с использованием информационно-аналитических систем поддержки принятия управленческих решений, которые должны быть достаточно гибкими и иметь возможность модернизации с учетом новых требований к ним и изменений в структуре и полномочиях специально уполномоченных природоохранных органов [38].

Такие системы могут быть эффективными только на основе компьютерных и геоинформационных технологий (ГИС-технологий) на базе современной измерительной, телекоммуникационной и вычислительной техники. Только такие технологии позволяют обеспечить достоверность и оперативность данных о текущей экологической обстановке, дать научно-обоснованный прогноз изменения экологической ситуации, оценку экологического риска, организовать потоки информации о территории, субъектах хозяйственной деятельности и их взаимодействии [14, 15, 38].

Концептуальная модель построения ГИС водохозяйственных систем должна предусматривать [1, 2, 11, 14, 38, 49]:

- формирование баз данных кадастровой, картографической информации и данных дистанционного зондирования;
- функционирование в сетевом режиме с использованием всех возможных каналов связи;
- информационную и программную совместимость ГИС областного и муниципального уровней при их интеграции, а также при интеграции ГИС областного уровня в системы бассейнового (регионального) и федерального уровней;
- поддержку распределенных (территориально разнесенных) баз данных с разным уровнем генерализации информации.

Интегрированная экологическая информационная система должна связать различные службы, участвующие в решении экологических проблем, и, прежде всего - территориальные подразделения федеральных специально уполномоченных органов в области охраны окружающей природной среды [11, 14, 48, 86]. В настоящий момент ГИС-технологии используются при уточнении морфометрических характеристик водоемов, гидрографических, физико-географических параметров и антропогенных нарушений их водосборных бассейнов, а также при разработках моделей водоемов и их водосборных бассейнов.

Основными причинами, сдерживающими широкое внедрение этих систем, являются:

- отсутствие удовлетворяющих топологическим задачам ГИС электронных топографических карт практически всего необходимого масштабного ряда от 1:1000000 до 1:2000;
- высокую стоимость западных программных продуктов и неполную функциональную достаточность отечественных;
- отсутствие в территориальных природоохранных органах достаточного количества кадров, подготовленных для работы с ГИС.

Вышеперечисленные проблемы являются существенным сдерживающим фактором для повсеместного внедрения ГИС. Их использование, применительно к водохозяйственному комплексу нашей страны, в большинстве случаев, весьма трудоемко и дорого. Это, в основном, связано с недостаточной изученностью водных объектов нашей страны, а также пренебрежением к учету процессов, протекающих на маломасштабных водных объектах, о чем неоднократно упоминалось выше. Для корректной работы с водохозяйственными системами, прежде всего, необходимы актуальные топографические материалы, а также актуальные сведения о гидрологической обстановке на водных объектах, позволяющие осуществлять мониторинг и работу с геоинформационными системами как малых, так и крупномасштабных водных объектов. В большинстве случаев разработчики сталкиваются с проблемой отсутствия необходимого топографического материала и необходимого программного обеспечения, что заставляет отказываться от использования ГИС. Отсутствие сведений о гидрологической обстановке на водных объектах нашей страны также вносит дополнительные сложности и коррективы в систему управления водными ресурсами и, очевидно, не способствует ее развитию.

Заключение

В работе были рассмотрены основные методические подходы к управлению водными ресурсами нашей страны. Были выделены основные сдерживающие факторы, препятствующие дальнейшему развитию водохозяйственного комплекса РФ, а также рассмотрены основные пути усовершенствования системы управления водными ресурсами. В настоящее время функционирующий водохозяйственный комплекс России в целом обеспечивает текущие потребности страны в водных ресурсах. Вместе с тем, развитие экономики в будущем потребует увеличения гарантированного объема водных ресурсов соответствующего качества, предназначенных для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, а также для использования в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике и в рекреационных целях [2]. Это, в свою очередь, неминуемо приведет к необходимости модернизации системы управления водными ресурсами страны, в том числе к повсеместному применению математических моделей и компьютерных технологий, в первую очередь геоинформационных.

Для решения проблем, связанных с недостатками системы управления водными ресурсами, а также для повышения ее эффективности целесообразно создание единой системы поддержки принятия решений на базе компьютерных технологий и внедрение геоинформационных технологий в систему управления водными ресурсами (создание геоинформационных систем и моделей для эффективного решения ряда проблем структуризации водопользования, составления водохозяйственных балансов и проблем, связанных с качеством водных ресурсов). Для эффективного функционирования водохозяйственного комплекса нашей страны также необходимы:

- разработка новых подходов к описанию ряда исследуемых процессов как на малых, так и на средне- и крупномасштабных объектах;
- усовершенствование контроля за состоянием водных объектов нашей страны;
- управление водными объектами в соответствии с гидрографическими границами их бассейнов;
- свободный доступ к нормативным документам, на основании которых производится управление водными ресурсами нашей страны;
- введение новых экологически чистых технологий, новых методов очистки воды;
- стимулирование водопользователей к их введению и к соблюдению экологических норм.

Выражаю благодарность профессору кафедры ВиГС СПбГПУ Баденко В.Л. за ценные замечания и поддержку.

Литература

- [1]. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Латышев Н.К. Геоэкологические подходы к разработке информационно-аналитических систем и природообустройства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2010. № 110. С. 205-210.
- [2]. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Баденко Г.В. Методические подходы к созданию информационно-аналитических систем на базе геоинформационных технологий для поддержки управления водными ресурсами // Труды Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Сборник к 100-летию Инженерно-строительного факультета СПбГПУ. Сер. «Труды СПбГТУ» Национальный исследовательский Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. СПб., 2007. С. 171-178.
- [3]. Асарин А. Е. Проблемы водообеспечения // Водные ресурсы / Российская академия наук. М., 2005. Т.32 №5. С. 634-636. (Рецензии). Рец. на кн.: Раткович Д. Я. Актуальные проблемы водообеспечения. М.: Наука, 2003. 352 с.
- [4]. Асарин А. Е. Холостные сбросы воды и выработка электроэнергии на крупных ГЭС России / А. Е. Асарин, К. Н. Бестужева // Гидротехническое строительство: ежемесячный научно-технический журнал / Министерство энергетики РФ; РАО «ЕЭС России». М., 2008 . №7 . С. 2-11.
- [5]. Асарин А. Е. Водные ресурсы России и их использование / А. Е. Асарин, П. А. Полад-Заде, А. Н. Семенов // Гидротехническое строительство: ежемесячный научно-технический журнал / Министерство энергетики РФ; РАО «ЕЭС России». М., 2007 . №6 . С. 4-8.
- [6]. Асарин А.Е. Волжско-Камский каскад гидроузлов (к 50-летию пуска первого агрегата Куйбышевской ГЭС) // Гидротехническое строительство: ежемесячный научно-технический журнал. М., 2005. №9. С. 23-28.
- [7]. Асарин, А.Е. Проблемы наводнений при эксплуатации водохранилищ на Волге и Каме // Гидротехническое строительство: ежемесячный научно-технический журнал. М., 2001. №4. С. 37-41.
- [8]. Асарин А.Е. Водноэнергетические расчеты / А. Е. Асарин, К. Н. Бестужева. М.: Энергоатомиздат, 1986. 222 с.
- [9]. Асарин Е.А., Бестужева К.Н., Резниковский А.М. Методические указания по составлению Правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций. Министерство топлива и энергетики Российской Федерации РАО «ЕЭС России».
- [10]. Бабина Ю.В., Островский Г.М. Управление водными ресурсами России. М.: АМА-ПРЕСС, 2008. 288 с.
- [11]. Баденко В.Л. Анализ экологических рисков в ГИС на основе нечетких множеств // Информация и космос. 2013. № 3. С. 78-84.
- [12]. Баденко В.Л., Гарманов В.В., Осипов Г.К. Государственный земельный кадастр (на землях населенных пунктов). Под редакцией Н.В. Арефьева. СПб., 2003. 320 с.
- [13]. Бардаханова Т.Б., Горюнова. З.С. Первоочередные меры по сохранению водных ресурсов в рамках бассейнового плана управления // Гуманитарные и социальные науки. 2013. №5. С. 11-26.
- [14]. Богданова М.С., Литвиненко А.В., Литвинова И.А. Применение ГИС-технологий в исследованиях водохозяйственных комплексов // Физические проблемы экологии (экологическая физика), № 16. М., 2010. С. 47-52.
- [15]. Винокуров Ю.И., Пузанов А.В., Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В. ГИС-проект поддержки принятия решений по управлению водными ресурсами Обь-Иртышского бассейна. Материалы Международной конференции. 2011. ИНТЕРКАРТО/ИНТЕРГИС 17: устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. С. 243-246.
- [16]. Волженский Н., Родионов А.А., Семенов Е.В., Филатов Н.Н., Зимин А.В., Булатов М.Б. Опыт верификации оперативной модели мониторинга Белого моря в 2004-2008 г.г // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. Т 5. 2009. С. 33-42.
- [17]. Водная стратегия Российской Федерации от 28.12.2009 №1235-р: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. №1235-р «Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по ее реализации» // Собрание законодательства Российской Федерации, № 36, 07.09.2009, ст.4362.
- [18]. Водный кодекс Российской Федерации. М.: Проспект, 2014. 48 с.
- [19]. Воропаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Проблемы управления водными ресурсами Арало-Каспийского региона. М.: Наука, 2003. 426 с.

- [20]. Гайнутдинова О.Г., Мезенцева Л.А. К вопросу о регулировании использования и загрязнения водных ресурсов // Экономическое регулирование природопользования. Новосибирск, 1992. С. 44.
- [21]. Голинская, Л.В. Оценка содержания некоторых металлов в донных отложениях реки Урал в районе Оренбурга // Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов. Ярославль, 2007. С. 152-155.
- [22]. Голинская Л.В., Кольчугина Г.Ф., Винокурова Н.В., Соловых Г.Н. Распределение ртути в водных экосистемах Оренбургской области // ВЕСТНИК ОГУ. 2011. №16 (135). С. 132-134.
- [23]. Гостищев В.Д., Сахаров Р.Ю., Кузьмичев А.А. Современный подход к государственному мониторингу поверхностных водных объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. №1(05). С.1-8.
- [24]. Готовцев В.М., Михайлов Е.А., Сухов В.Д. Основы управления водохозяйственными комплексами. ЯГТУ, 2010.
- [25]. Гульпенко К.В., Цой Е.В. Классификация водных ресурсов для целей учета и систематизации платежей // Проблемы современной экономики. 2012. № 2(42). С. 473-476.
- [26]. Гусев Е.М., Насонова О.Н., Джоган Л.Я. Моделирование стока на малых водосборах в зоне многолетней мерзлоты на основе модели SWAP // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №2. С. 133-145.
- [27]. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Научный мир. 2010. 232 с.
- [28]. Данилов-Данильян В.И. Глобальная проблема дефицита пресной воды // Век глобализации. 2008. №1. С. 45-56.
- [29]. Данилов-Данильян В.И. Управление водным хозяйством на современном этапе // Обоснование стратегий управления водными ресурсами. М., 2006. С. 16-28.
- [30]. Данилов-Данильян В.И., Болгов М.В., Дубинина В.С. Оценка допустимых изъятий стока в бассейнах малых рек. Методические положения // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №2. С. 224-238.
- [31]. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л., Ярошевский Д.М. Математические модели стратегий рационального водопользования в условиях неопределенности // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 4. С. 500-509.
- [32]. Дубинина В.Г. Экологические основы использования и управления водными ресурсами южных рек России // Проблемы географии и экологии (к 90-летию проф. Д.Г.Панова). Ростов-на-Дону, 1999. С. 55-79.
- [33]. Дубинина В.Г. Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2009. №3. С. 26-60.
- [34]. Жукова Н.В. Особенности постановки на государственный кадастровый учет водоохранных зон // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. №1. С. 306-312.
- [35]. Знаменский В.А. Модель антропогенной нагрузки на реку и формирования качества воды в реке // Программные системы: теория и приложения. 2010. №2(2). С. 15-38.
- [36]. Иванов В.А., Прусов А.В. Гидравлическая модель водной системы Украины // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №2. С. 146-153.
- [37]. Киселева А.О., Ключниченко Н.В. Некоторые проблемы землепользования в водоохранных зонах // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2006. Т.2. № -1. С. 105-109.
- [38]. Козлов С.И., Каменский С.Б. Система принятия управленческих решений в области экологии с применением ГИС-технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nvc.mipt.ru/Kadastr2001/Made/Resurs/Kozlov.htm>
- [39]. Козлов Д.В., Раткович Л.Д. Использование и состояние водных ресурсов в условиях современного развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации // Деловая слава России. 2008. № 1(6). С. 20 – 26.
- [40]. Коломыц Э.Г. Прогнозные и палеогеографические сценарии зональных гидроклиматических и биотических условий Волжского бассейна // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №2. С. 206-223.
- [41]. Кондратьев С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. СПб.: Наука, 2007. 255 с.
- [42]. Кондратьев С.А., Голосов С.Д., Зверев И.С., Рябченко В.А., Дворников А.Ю. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор-водоем (на примере Чудско-Псковского озера). СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2010. 116 с.

- [43]. Кондратьев С.А., Шмакова М.В., Уличев В.И. Детерминировано-стохастическое моделирование стока и биогенной нагрузки (на примере частного водосбора Финского залива). СПб.: Нестор – История, 2013. 40 с.
- [44]. Кондратьев С.А., Шмакова М.В. Изучение формирования стока с речных водосборов методами математического моделирования (на примере бассейна Ладожского озера). Тр. XII съезда РГО. СПб.: Наука, 2005. Т. 6. С. 99-104.
- [45]. Красногорская Н.Н., Фашевская Т.Б., Елизарьев А.Н. Экологически безопасное управление водными ресурсами рек // Фундаментальные исследования. 2004. №5. С. 37-38.
- [46]. Красов В.Д. Стратегия управления водными ресурсами в условиях антропогенных изменений стока // Вестник ВГУ, серия: География. Геоэкология. 2009. №1. С. 13-22.
- [47]. Кривошей В.А., Коренева И.Б., Михеев Н.Н. К вопросу о совершенствовании организации управления водохозяйственным комплексом Российской Федерации [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader.
- [48]. Кромер Рольф. Интегрированное управление водными ресурсами в бассейнах рек Волги и Рейна на примере проблемных регионов // Гидросооружения. 2009. №3. С. 11-15.
- [49]. Литвиненко А.В., Богданова М.С., Бусарова В.П., Филатов Н.Н. Опыт создания ГИС «Водные объекты Республики Карелия» // Материалы Международного конгресса «Рациональное природопользование и экологическая безопасность: опыт и инновации». Петрозаводск, 2009. С. 40-41.
- [50]. Мартынова М.В. Особенности пространственно-временного распределения соединений фосфора в придонной воде небольшого водохранилища // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. №3. С. 315-324.
- [51]. Мартынова М.В. Соотношение концентрации Fe/P в отложениях Можайского водохранилища как индикатор сорбции фосфатов // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. №2. С. 205-213.
- [52]. Мартынова М.В. Влияние химического состава донных отложений на внутреннюю фосфорную нагрузку // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. №3. С. 358-363.
- [53]. Марченко А.А. Проблемы разработки СКИОВО и НДВ и некоторые пути их решения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2009. №3. С. 6.
- [54]. Меншуткин В.В., Филатов Н.Н., М.С. Потахин. Разработка экспертной системы «Озера Карелии». Часть 1. Порядковые и номинальные характеристики озер // Водные ресурсы. Т. 36. №2. 2009. С. 160-171.
- [55]. Меншуткин В.В., Филатов Н.Н., Потахин М.С. Разработка экспертной системы «Озера Карелии»: Часть 2. Классификация озер // Водные ресурсы. Т. 36. №3. 2009. С. 300-311.
- [56]. Методические указания по разработке Правил использования водохранилищ: утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 26.01.2011 г. №17 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 26, 27.06.2011.
- [57]. Мумладзе Р.Г., Гужина Г.Н., Быковская Н.В., Кузьмина А.А. Управление водохозяйственными системами. М.: Кнорус, 2010. 208 с.
- [58]. Мусаев Ш.Ж., Елисеев Ю.Ю., Луцевич И.Н. Механизмы поведения химических соединений в поверхностном, объемном слоях и донных отложениях водоемов при их антропогенном загрязнении // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. №1-8. С. 1914-1916.
- [59]. Обоснование стратегий управления водными ресурсами / Под ред. Данилова-Данильяна В.И. М.: Научный мир, 2006. 336 с.
- [60]. О Правилах эксплуатации водохранилищ Российской Федерации. Письмо МПР РФ от 25.10.2000 № НМ-61/5611 / Законодательство Российской Федерации.
- [61]. Официальный сайт Федерального агентства водных ресурсов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://voda.mnr.gov.ru/>
- [62]. Официальный сайт ФГБУ Института Озероведения Российской академии наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.limno.org.ru/>
- [63]. Официальный сайт компании DHI: Water.Environment.Health [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mikebydhi.com/Contact/Europe/Russia.aspx>
- [64]. Официальный сайт компании Aquaveo [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aquaveo.com/>
- [65]. Павлов С.Я., Алексеева А.Г. Анализ современного состояния и использования водных ресурсов Окуловской водохозяйственной системы, частью которой является водохранилище Боровновской ГЭС // XLII Неделя науки СПбГПУ материалы Научно-практической конференции с международным участием. Научно-образовательный центр «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе».

- Национальный исследовательский Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. 2014. С. 169-171.
- [66].Петина М.А. Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородского региона) // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010. №21(92). Выпуск 13. С. 150-156.
- [67].Постановление Правительства РФ от 10 января 2009 г. №17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов»// Собрание законодательства Российской Федерации от 19 января 2009 г. № 3 ст. 415.
- [68].Постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009 г. N 349 «Об утверждении положения о разработке, согласовании и утверждении Правил использования водохранилищ, в том числе Типовых правил использования водохранилищ» // Собрание законодательства Российской Федерации, № 18, 04.05.2009, (ч.II), ст.2247.
- [69].Приказ МПР РФ от 12.12.2007 №328 «Об утверждении методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» // Экологический консалтинг. 2008. №1 (29). С. 19-44.
- [70].Пряжинская В.Г., Ярошевский Д.М., Левит-Гуревич Л.К. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами. М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2002. 496 с.
- [71].Пучинина Т. Г. Основы экологического права. 1999. 139 с.
- [72].Рамочная концепция обеспечения экологической безопасности водных объектов и территорий водосборного бассейна Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ecorek.ru/water_concept.doc
- [73].Растрьгин Н.В., Романова А.Ю. Моделирование водохранилищ в системе управления водными ресурсами // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2013. №2. С. 169-174.
- [74].Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения. М.: Наука. 2003. 352 с.
- [75].Ревунов Р.В., Казаченко Т.В. Экономические и институционные императивы модернизации управления водохозяйственным комплексом в контексте перехода к устойчивому развитию // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2013. №3. С. 76-84.
- [76].Раткович Л.Д., Русакова П.А. Водохозяйственные аспекты правил управления водохранилищами комплексных гидроузлов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ieek.timacad.ru/science/1/sb-06.files/2_33_sb_06.html.
- [77].Ревунов Р.В., Ревунов С.В. Подходы к совершенствованию системы управления региональным водопользованием // Южно-Российский форум: экономика, социология, политология, социально-экономическая география. Ростов-на-Дону, 2012. №2 (5). С. 80-86.
- [78].Румянцев И. С. Водное хозяйство в России – сегодня и в перспективе // Гидросооружения. 2009. №3. С. 32-43.
- [79].Румянцев В.А., Бовыкин И.В. Математико-статистические основы совместного анализа временных гидрологических рядов. СПб.: Наука, 2009. 86 с.
- [80].Румянцев В.А., Трапезников Ю.А., Григорьев А.С. Стохастические модели влияния климата на гидрологию озер. СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2001. 156 с.
- [81].Румянцев В.А., Трапезников Ю.А. Стохастические модели гидрологических процессов. СПб.: Наука, 2008. 152 с.
- [82].Румянцев В.А. Филатов Н.Н., Гронская Т.П., Догановский А.М. Состояние и задачи охраны и использования озер и водохранилищ // Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда. Тезисы пленарных докладов. СПб., 2013. С. 73-84.
- [83].Слабиков Г.В., Кузнецова А.Б., Минасян А.А., Соловьева А.Г. Сборник водоохранных зон водных объектов Ленинградской области. Невско-Ладожское бассейновое водное управление. СПб.: 2008. 80 с.
- [84].Тимирова М.Н. Управление водными ресурсами. Ташкент: ТИМИ, 2013. 208 с.
- [85].Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ // Рос. газ. – 2002. –12 янв.; Парламент. газ. – 2002. – 12 янв.; Собр. законодательства Рос. Федерации – 2002. – 14 янв. – № 2, ст. 133.
- [86].Харитонов Г.Б. Приоритеты модернизации управления водохозяйственным комплексом России // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2008. Том 6. №3. Часть 2. С. 184-188.

- [87]. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние антропогенных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы // Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука. 2002. С. 152-164.
- [88]. Шамова М.В. Математическое моделирование речных потоков. СПб.: Изд-во Лема, 2011. 76 с.
- [89]. Шамова М.В. Стохастическая Модель Погоды в системе детерминировано – стохастического моделирования характеристик стока: Автореф. дис. на соиск. уч. степ.к.т.н. Гос. гидрол. ин-т. СПб., 2000. 25 с.
- [90]. Шамова М.В., Кондратьев А.Н. Математическая модель движения воды и наносов в открытых руслах // Метеорология и гидрология. 2008. № 6. С. 81 – 88.
- [91]. Ярошевский Д.М. Подход к построению системы математических моделей при решении задач долгосрочного планирования для маломасштабных водных объектов // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. №2. С. 252-256.
- [92]. Barthel, R., Nickel, D., Meleg, A., Trifkovic, A., Braun, J. (2005) Physics and Chemistry of the Earth. Linking the physical and the socio-economic compartments of an integrated water and land use management model on a river basin scale using an object-oriented water supply model. Volume 30, Issue 6-7 SPEC. ISS. 2005. pp. 389-397
- [93]. Boguslaw K. Michalec, Anna M. Lenart-Boron, Agnieszka K. Cupak, Andrzej S. Walega (2014). The evaluation of heavy metal content in water and sediments of small reservoirs in light of various environmental quality regulations // Journal of Environmental Science and Health. 2014. №. 49. Part A. 2014. pp. 827-832.
- [94]. Borja, A., Valencia, V., Franco, J., Muxika, I., Bald, J., Belzunce, M.J., Solaun, O. (2004). The water framework directive: water alone, or in association with sediment and biota, in determining quality standards? Mar. Pollut. Bull. 2004. №. 1–2. pp. 8–11.
- [95]. Bravo, M., Gonzales, I. (2009). Applying stochastic goal programming: a case study on water use planning. Eur. J. Operat. Res. 2009. №. 196. pp. 1132-1129.
- [96]. Brown L.E., G.Mitchell, J.Holden, A.Folkard etc.(2010) Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers. Science of Total Environment. 2010. №. 409. pp. 256-266.
- [97]. Li-Chiu Chang, Fi-John Chang (2001). Intelligent control for modeling of real-time reservoir operation. Hydrological processes. 2001. №. 15. pp. 1621-1634.
- [98]. Chung, G., Lansey, K., Bayraksan, G., (2009). Reliable water supply system design under uncertainty. Environ. Modell. Softw. 2009. №. 24. pp. 449-462.
- [99]. Congli Dong, Gerrit Schoups, Nick van de Giesen (2013). Scenario development for water resource planning and management: A review. Technological Forecasting and Social Change. 2013. Volume 80. Issue 4. pp. 749–761.
- [100]. Correlje, A., Francois, D., Verbeke, T. (2007). Integrating water management and principles of policy: towards an EU framework. Journal of Cleaner Production. 2007. №. 15. pp. 1499-1506.
- [101]. David Benson, Oliver Fritsch, Hadrian Cook, Marylise Schmid (2014). Evaluating participation in WFD river basin management in England and Wales: Process, communities, outputs and outcomes. Land Use Policy. 2014. №. 38. pp. 213-222.
- [102]. Eva H.Y. Beh, Graeme C. Dandy, Holger R. Maier, Fiona L. Paton (2014). Optimal sequencing of water supply options at the regional scale incorporating alternative water supply sources and multiple objectives. Environmental Modelling Software. 2014. №. 53. pp. 137-153.
- [103]. Filatov N.N., Rukhovets L.A., Terzhevik A. (2010) Ecosystem models of Ladoga and Onego lakes. In the book «Ladoga And Onego - Great European Lakes: Modelling and Experiment». Rukhovets L., Filatov N., (Eds.). London. Springer-Praxis. 2010. pp. 179-182.
- [104]. Gleick, P.H. (1998) Water in crisis: Paths to sustainable water use. Ecological Applications. 1998. Volume 8. Issue 3. pp. 571-579.
- [105]. Golosov, S., Maher, O., Schipunova, E., Terzhevik, A., Zdrovennova, G. and Kirillin, G., (2007). Physical background of the development of oxygen depletion in ice-covered lakes. Oecologia. 2007. 151(2). pp. 331-340.
- [106]. Golosov S., Terzhevik A., Zverev I., Kirillin G., Engelhardt C. (2012). Climate change impact on thermal and oxygen regime of shallow lakes. Tellus A. 2012. 64. 17264.
- [107]. Golosov S, Tolmachev A, Kirillin G, Shipunova E. (2006). Dimension analysis as applied to the lake ecosystem modeling. Proc. 10th European Workshop on Physical Processes in Natural Waters. 2006. University of Granada, Spain (Ed.: Francisco J. Rueda Valdivia). pp. 209-215.
- [108]. Golosov S, Kirillin G. (2007). Dimension analysis as applied to the water ecosystem modeling. 37th Annual Conference of Ecological Societies of Germany, Switzerland and Austria, Marburg, Germany, September 11-14, 2007.

- [109]. Hajkowicz, S., Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resour. Manag.* 2007. pp. 1553-1566.
- [110]. Henriette I. Jager, Brennan T. Smith (2008). Sustainable reservoir operation: can we generate hydropower and reserve ecosystem values? *River research and applications*. 2008. №. 24. pp. 340-352.
- [111]. Howarth, W. (2009). Aspirations and realities under the Water Framework Directive: proceduralisation, participation and practicalities. *Journal of Environmental Law*. 2009. №. 21 (3). pp. 391-417.
- [112]. Jeroen C.J.H. Aerts, Saskia E. Werners. Portfolios of adaptation investments in water management [Electronic resource] *Mitig Adapt Strateg Glob Change*.
- [113]. Juliane Albrecht (2013). The Europeanization of water law by the Water Framework Directive: A second chance for water planning in Germany. *Land Use Policy*. 2013. №. 30. pp. 381-39.
- [114]. Karamouz, M., Ahmadi, A., Yazdi, M.S.S., Ahmadi, B. (2014). Economic assessment of water resources management strategies. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2014. Volume 140. Issue 1.
- [115]. Kirillin G, Engelhardt C, and Golosov S (2009). Transient convection in upper lake sediments produced by internal seiching. *Geophysical Research Letters*. 2009. Volume. 36.
- [116]. Kumar, L.V. (2008). Urban infrastructure and water resources. *Water and Energy International*. 2008. Volume 65. Issue 3. pp. 77-80.
- [117]. Laura Read, Kaveh Madani, Bahareh Inanloo (2014) Optimality versus stability in water resource allocation. *Journal of Environmental Management*. 2014. №. 133. pp. 343-354.
- [118]. Laurie Boithias, Vicenc Acuna, Laura Vergonos, Cuy Ziv, Rafael Marce, Sergi Sabater (2014). Assessment of water supply: demand in a Mediterranean basin under different global change scenarios and mitigation alternatives. *Science of the Total Environment*. 2014. №. 470-471. pp. 567-577.
- [119]. Lehtoranta J., Heiskanen A.-S. (2003). Dissolved iron: phosphate ratio as an indicator of phosphate release toxic water of the inner and outer coastal Baltic Sea. *Hydrobiologia*. 2003. Volume 492. Part 1. pp. 69-84.
- [120]. Y.P. Li, G.H. Huang, S.L. Nie, X. Chen (2011). A robust modeling approach for regional water management under multiple uncertainties. *Agricultural Water Management*. 2011. Volume 98. Issue 10. pp. 1577-1588.
- [121]. Madani, K. (2010). Game theory and water resources. *J. Hydrol.* 2010. №. 381 (3-4). pp. 225-238.
- [122]. Mehta L. (2014). Water and human development. *World development*. 2014. №. 59. pp. 59-69.
- [123]. Miao, D.Y., Li, Y.P., Huang, G.H., Yang, Z.F., Li, C.H. (2014). Optimization model for planning regional water resource systems under uncertainty. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2014. Volume 140. Issue 2. pp. 238-249.
- [124]. Michalec, B., Tarnawski, M. (2009). Appraisal of bottom sediment pollution with trace metal of water reservoirs located in South Poland. *Arch. Environ. Prot.* 2009. №. 35. pp. 73-85.
- [125]. Mitchell, B. 2005. Integrated water resource management, institutional arrangements, and land-use planning. *Environ. Plan. A* 37. 2005. pp. 1335-1352.
- [126]. Molle, F. River-basin planning and management: The social life of a concept. *Geoforum*. 2009. Volume 40. Issue 3. pp. 484-494.
- [127]. Nielsen, H., Frederiksen, P., Saarikoski, H., Rytönen, A., Pedersen, A.B. (2013). How different institutional arrangements promote integrated river basin management: evidence from the Baltic Sea Region. *Land Use Policy*. 2013. 30. pp. 437-445.
- [128]. Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., et al. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*. 2005. №. 308. pp. 405-408.
- [129]. Page, G.W., Susskind, L. (2007). Five important themes in this special issue on planning for water. *J. Am. Plan. Assoc.* 2007. №. 73. pp. 141-145.
- [130]. Ralph A. Wurbs (2005). Modeling river/reservoir system management, water allocation, and supply reliability // *Journal of Hydrology*. Volume 300. Issues 1-4. 10 January 2005. pp. 100-113.
- [131]. E.V. de Souza, M.A. Costa da Silva (2014). Management System for Improving the Efficiency of Use Water Systems Water Supply. *Procedia Engineering*. 2014. Volume 70. pp. 458-466.
- [132]. Suen, J.P., Eheart, J.W. (2006). Reservoir management to balance ecosystem and human needs: incorporating the paradigm of the ecological flow regime. *Water Resour. Res.* 2006. №. 42. W3417.
- [133]. The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on Environmental Quality Standards in the Field

- of Water Policy, Amending and Subsequently Repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, L 385; Author: Strasbourg. 2008. 84–97.
- [134]. Tillman, D., Larsen, T.A., Pahl-Wostl, C., Gujer, W. (1999). Modeling the actors in water supply systems (Conference Paper). *Water Science and Technology*. 1999. Volume 39. Issue 4. pp. 203-211
- [135]. Wang, L., Fang, L., Hipel, K.W. (2008). Basin-wide cooperative water resources allocation. *Eur. J. Operat. Res.* 2008. pp. 798-817.
- [136]. Yaroshevskii D.M. (1996). Selection of the Form of Calculated Flood Hydrograph in Designed Water Release Facilities//Destructive Water, Congress'96, USA. Anaheim: IAHS-Press. 1996. Paper № D-21. pp. 41-50.
- [137]. Xin-An Yin, Zhi-Feng Yang, Geoffrey E. Petts, G. Mathias Kondolf (2014). A reservoir operating method for riverine ecosystem protection, reservoir sedimentation control and water supply. *Journal of Hydrology*. 2014. №. 512. pp. 379-387.
- [138]. X.A. Yin, Z.F. Yang, G.E. Petts (2012). Optimizing environmental flows below dams//River research and applications. 2012. №. 28. pp. 703-716.
- [139]. Yurdusev, M.A., O'Connell, P.E. (2005). Environmentally-sensitive water resources planning. *Water Resour. Manag.* 2005. №. 19. pp. 375-397.
- [140]. Zhang, W., Chung, G., Pierre-Louis, P., Bayraksan, G., Lansey, K. (2013). Reclaimed water distribution network design under temporal and spatial growth and demand uncertainties. *Environ. Modell. Softw.* 2013. №. 49 (0). pp. 103-117.
- [141]. Zoltay, V.I., Vogel, R.M., Kirshen, P.H., Westphal, K.S. (2010). Integrated watershed management modeling: generic optimization model applied to the Ipswich river basin. *J. Water Resour. Plann. Manag.* 2010. №. 136 (5). pp. 566-575.

Water supply management in the Russian Federation

A.G. Alekseeva¹

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 24 April 2015
Accepted 10 April 2015

Keywords

water supply management,
water reservoirs using,
environmental regulation,
GIS technology,
mathematic models

ABSTRACT

Water resources in many respects define social and economic stability and direction of development of the country. Wellbeing and safety of the state in many respects is defined by water management and ecological safety, level of water availability of the population with qualitative drinking water, water supply of sectors of economy, reliability and efficiency of forecasting of emergency situations on water objects, their timely prevention and minimization of the caused damage. Thus, water resources management, rational organization of economic activity, providing careful attitude to water are one of the most actual problems of country in general. The main approaches to water resources management in the Russian Federation at the solution of water supply problems, protection of waters and protection against high waters are considered at this article. The main problems and shortcomings of management system of water-economic complex in our country are revealed, the major limiting factors interfering further development of the water-economic complex are allocated and also the main ways of improvement of water resources management system are considered.

¹

Corresponding author:

+7 (911) 952 6037, alexi132007@yandex.ru (Alekseeva Anastasia Grigorjevna, graduate student)

References

- [1]. Arefyev N.V., Badenko V.L., Latyshev N.K. Geoekologicheskiye podkhody k razrabotke informatsionno-analiticheskikh sistem i prirodobustroystva [Geoecological approaches to development of information and analytical systems and environmental engineering] // Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. 2010. № 110. Pp. 205-210. (rus)
- [2]. Arefyev N.V., Badenko V.L., Badenko G.V. Metodicheskiye podkhody k sozdaniyu informatsionno-analiticheskikh sistem na baze geoinformatsionnykh tekhnologiy dlya podderzhki upravleniya vodnymi resursami [Methodical approaches to creation of information and analytical systems on the basis of geoinformation technologies for support of water resources management] // Trudy Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta Sbornik k 100-letiyu Inzhenerno-stroitel'nogo fakulteta SPbGPU. Ser. "Trudy SPbGTU" Natsionalnyy issledovatel'skiy Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet. SPb., 2007. Pp. 171-17. (rus)
- [3]. Asarin A. Ye. Problemy vodoobespecheniya [Water supply problems] // Vodnyye resursy / Rossiyskaya akademiya nauk. M., 2005. T.32 №5. Pp. 634-636. (Retsenzii). Ret. na kn.: Ratkovich D. Ya. Aktualnyye problemy vodoobespecheniya. [Actual problems of water supply] M.: Nauka, 2003. 352 p. (rus)
- [4]. Asarin, A. Ye. Kholostyye sbrosy vody i vyrabotka elektroenergii na krupnykh GES Rossii [Idle water discharges and power generation at large hydroelectric power stations of Russia] / A. Ye. Asarin, K. N. Bestuzheva // Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo: yezhemesyachnyy nauchno-tekhnicheskii zhurnal / Ministerstvo energetiki RF; RAO «YeES Rossii». M., 2008. № 7. Pp. 2-11. (rus)
- [5]. Asarin, A. Ye. Vodnyye resursy Rossii i ikh ispolzovaniye [Water resources of Russia and their use] / A. Ye. Asarin, P. A. Polad-Zade, A. N. Semenov // Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo : yezhemesyachnyy nauchno-tekhnicheskii zhurnal / Ministerstvo energetiki RF; RAO «YeES Rossii». M., 2007. № 6. Pp. 4-8. (rus)
- [6]. Asarin, A.Ye. Volzhsko-Kamskiy kaskad gidrouzlov (k 50-letiyu puska pervogo agregata Kuybyshevskoy GES) [The Volga-Kama cascade of water-engineering systems (to the 50 anniversary of start-up of the first unit of Kuibyshev hydroelectric power station)] // Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo: Organ M-vaelektrostantsiy. M., 2005. №9. Pp. 23-28. (rus)
- [7]. Asarin, A.Ye. Problemy navodneniy pri ekspluatatsii vodokhranilishch na Volge i Kame [Problems of floods at operation of reservoirs on Volga and Kama] // Gidrotekhnicheskoye stroitel'stvo: Organ M-va elektrostantsiy. M., 2001. №4. Pp. 37-41. (rus)
- [8]. Asarin, A.Ye. Vodnoenergeticheskiye raschety [Hydro-electric calculations] / A. Ye. Asarin, K. N. Bestuzheva. M.: Energoatomizdat, 1986. 222 p. (rus)
- [9]. Asarin A.Ye., Bestuzheva K.N., A.M.Reznikovskiy. Metodicheskiye ukazaniya po sostavleniyu Pravil ispolzovaniya vodnykh resursov vodokhranilishch gidrouzlov elektrostantsiy. [Methodical instructions on drawing up of the Rules of use of water resources of reservoirs of power plants water-engineering systems] Ministerstvo topliva i energetiki Rossiyskoy Federatsii RAO «YeES Rossii». (rus)
- [10]. Babina Yu.V., Ostrovskiy G.M. Upravleniye vodnymi resursami Rossii. [Water management of Russia] M.: AMA-PRESS, 2008. 288 p. (rus)
- [11]. Badenko V.L. Analiz ekologicheskikh riskov v GIS na osnove nechetkikh mnozhestv [The analysis of environmental risks in GIS on the basis of indistinct sets] // Informatsiya i kosmos. 2013. № 3. Pp. 78-84. (rus)
- [12]. Badenko V.L., Garmanov V.V., Osipov G.K. Gosudarstvennyy zemel'nyy kadastr (na zemlyakh naselennykh punktov). [The state land cadastre (on the lands of settlements)] Pod redaktsiyey N.V. Arefyeva. SPb., 2003. 320 p. (rus)
- [13]. Bardakhanova. T.B, Goryunova. Z.S. Pervoocherednyye mery po sokhraneniyu vodnykh resursov v ramkakh basseynovogo plana upravleniya [Prime measures for preservation of water resources within the basin management plan] // Gumanitarnyye i sotsialnyye nauki. 2013. № 5. Pp. 11-26. (rus)
- [14]. Bogdanova M.S., Litvinenko A.V., Litvinova I.A. Primeneniye GIS-tekhnologiy v issledovaniyakh vodokhozyaystvennykh kompleksov [Application of GIS-technologies in researches of water management complexes] // Fizicheskiye problemy ekologii (ekologicheskaya fizika). № 16. M., 2010. Pp. 47-52. (rus)
- [15]. Vinokurov Yu.I., Puzanov A.V., Zinov'ev A.T., Lovtskaya O.V. GIS-proyekt podderzhki prinyatiya resheniy po upravleniyu vodnymi resursami Ob-Irtyshskogo basseyna [GIS-project of decision-making support on water resources management of the Ob-Irtysh basin] // Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. 2011. INTERKARTO/INTERGIS 17: ustoychivoye razvitiye territoriy: teoriya GIS i prakticheskii opyt. Pp. 243-246. (rus)
- [16]. Volzhenskiy N., A.A.Rodionov, Ye.V.Semenov, N.N.Filatov, A.V.Zimin, M.B. Bulatov. Opyt verifikatsiya operativnoy modeli monitoringa Belogo morya v 2004-2008 g.g [Experience of verification of operational model of monitoring of the White Sea in 2004-2008] // Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika. T 5. 2009. Pp. 33-42. (rus)

- [17].Vodnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii ot 28.12.2009 №1235-r: utv. Rasporyazheniyem Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 27 avgusta 2009 g. №1235-r «Ob utverzhdenii Vodnoy strategii Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda i plana meropriyatiy po yeye realizatsii» [Water strategy of Russian Federation of 28.12.2009 No. 1235-r (in an edition of the order of the Government of the Russian Federation of 28.12.2010 No. 2452-r)] // Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii, № 36, 07.09.2009, st.4362. (rus)
- [18].Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii. [Water code of Russian Federation] M.: Prospekt. 2014. 48 p. (rus)
- [19].Voropayev G.V., Ismaylov G.Kh., Fedorov V.M. Problemy upravleniya vodnymi resursami Aralo-Kaspiyskogo regiona. [Problems of water resources management of the Aralo-Kaspiysky region] M.: Nauka, 2003. 426 p. (rus)
- [20].Gaynutdinova O.G., Mezentsева L.A. K voprosu o regulirovaniy ispolzovaniya i zagryazneniya vodnykh resursov [To a question of regulation of use and pollution of water resources] // Ekonomicheskoye regulirovaniye prirodopolzovaniya. Novosibirsk, 1992. Pp. 44. (rus)
- [21].Golinskaya, L.V. Otsenka soderzhaniya nekotorykh metallov v donnykh otlozheniyakh reki Ural v rayone Orenburga [Assessment of the content of some metals in ground deposits of Ural River near Orenburg] // Ekologicheskkiye problemy unikalnykh prirodnykh i antropogennykh landshaftov. Yaroslavl, 2007. Pp. 152-155. (rus)
- [22].Golinskaya L.V., Kolchugina G.F., Vinokurova N.V., Solovykh G.N. Raspredeleniye rtuti v vodnykh ekosistemakh Orenburgskoy oblasti [Distribution of mercury in water ecosystems of the Orenburg region] // VESTNIK OGU. 2011. №16 (135). Pp. 132-134. (rus)
- [23].Gostishchev V.D., Sakharov R.Yu., Kuzmichev A.A. Sovremennyy podkhod k gosudarstvennomu monitoringu poverkhnostnykh vodnykh ob'yektov [Modern approach to the state monitoring of superficial water objects] // Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. 2012. № 1(05). Pp.1-8. (rus)
- [24].Gotovtsev V.M., Mikhaylov Ye.A., Sukhov V.D. Osnovy upravleniya vodokhozyaystvennymi kompleksami. [Bases of management of water management complexes] YaGTU. 2010. (rus)
- [25].Gulpenko K.V., Tsoy Ye.V. Klassifikatsiya vodnykh resursov dlya tseley ucheta i sistematizatsii platezhey [Classification of water resources for the account and systematization of payments] // Problemy sovremennoy ekonomiki. 2012. № 2(42). Pp. 473-476. (rus)
- [26].Gusev Ye.M., Nasonova O.N., Dzhogan L.Ya. Modelirovaniye stoka na malykh vodosborakh v zone mnogoletney merzloty na osnove modeli SWAP [Modeling of a drain on small reservoirs in a permafrost zone on the basis of the SWAP model] //Vodnyye resursy. 2006. T. 33. № 2. Pp. 133-145. (rus)
- [27].Danilov-Danilyan V.I., Khranovich I.L. Upravleniye vodnymi resursami. Soglasovaniye strategiy vodopolzovaniya. [Water resources management. Coordination of strategy of water use] M.: Nauchnyy mir. 2010. 232 p. (rus)
- [28].Danilov-Danilyan V.I. Globalnaya problema defitsita presnoy vody [Global problem of deficiency of fresh water] //Vek globalizatsii. 2008. № 1. Pp. 45-56. (rus)
- [29].Danilov-Danilyan V.I. Upravleniye vodnym khozyaystvom na sovremennom etape [Management of water economy at the present stage] // Obosnovaniye strategiy upravleniya vodnymi resursami. M., 2006. Pp. 16-28. (rus)
- [30].Danilov-Danilyan V.I., Bolgov M.V., Dubinina V.S. Otsenka dopustimykh izyatiy stoka v basseynakh malykh rek. Metodicheskkiye polozheniya [Assessment of admissible withdrawals of a drain in basins of the small rivers. Methodical provisions] // Vodnyye resursy. 2006. T. 33. № 2. Pp. 224-238. (rus)
- [31].Danilov-Danilyan V.I. Khranovich I.L., Yaroshevskiy D.M. Matematicheskkiye modeli strategiy ratsionalnogo vodopolzovaniya v usloviyakh neopredelennosti [Mathematical models of strategy of rational water use in the conditions of uncertainty] // Vodnyye resursy. 2009. T. 36. № 4. Pp. 500-509. (rus)
- [32].Dubinina V.G. Ekologicheskkiye osnovy ispolzovaniya i upravleniya vodnymi resursami yuzhnykh rek Rossii [Ecological bases of use and management of water resources of the southern rivers of Russia] // Problemy geografii i ekologii (k 90-letiyu prof. D.G.Panova). Rostov-na-Donuyu, 1999. Pp. 55-79. (rus)
- [33].Dubinina V.G. Metodicheskkiye podkhody k ekologicheskomu normirovaniyu bezvovratnogo izyatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka [Methodical approaches to ecological rationing of irrevocable withdrawal of a river drain and establishment of the ecological drain] // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye. 2009. № 3. Pp. 26-60. (rus)
- [34].Zhukova N.V. Osobennosti postanovki na gosudarstvennyy kadastrvoy uchety vodoohrannykh zon [Features of statement on the state cadastral accounting of the water protection zones] // Dalniy Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa. 2013. №1. Pp. 306-312. (rus)
- [35].Znamenskiy V.A. Model antropogennoy nagruzki na reku i formirovaniya kachestva vody v reke [Model of anthropogenous load of the river and formation of quality of water in the river] // Programmnyye sistemy: teoriya i prilozheniya. 2010. № 2(2). Pp. 15-38. (rus)

- [36]. Ivanov V.A., Prusov A.V. Gidravlicheskaya model vodnoy sistemy Ukrainy [Hydraulic model of water system of Ukraine] // Vodnyye resursy. 2006. T. 33. № 2. Pp. 146-153. (rus)
- [37]. Kiseleva A.O., Klyushnichenko N.V. Nekotoryye problemy zemlepolzovaniya v vodookhrannykh zonakh [Some problems of land use in the water protection zones] // INTEREKSPLO GEO-SIBIR. 2006. T.2. № -1. Pp. 105-109. (rus)
- [38]. Kozlov S.I., Kamenskiy S.B. Sistema prinyatiya upravlencheskikh resheniy v oblasti ekologii s primeneniym GIS-tehnologii [Elektronnyy resurs]. [System of adoption of administrative decisions in the field of ecology with application of GIS-technologies] Rezhim dostupa: <http://nvc.mipt.ru/Kadastr2001/Made/Resurs/Kozlov.htm>
- [39]. Kozlov D. V., Ratkovich L. D. Ispolzovaniye i sostoyaniye vodnykh resursov v usloviyakh sovremennogo razvitiya vodokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii [Use and condition of water resources in the conditions of a modern development of water managem complex of the Russian Federation] // Delovaya slava Rossii. 2008. № 1(6). Pp. 20 – 26. (rus)
- [40]. Kolomyts E.G. Prognozy i paleogeograficheskiye stsennarii zonalnykh gidroklimaticeskikh i bioticheskikh usloviy Volzhskogo basseyna [Expected and paleogeographic scenarios of zone hydroclimatic and biotic conditions of the Volga basin] // Vodnyye resursy. 2006. T. 33. № 2. Pp. 206-223. (rus)
- [41]. Kondratyev S.A. Formirovaniye vneshney nagruzki na vodoyemy: problemy modelirovaniya. [Formation of external load of reservoirs: modeling problems] SPb.: Nauka, 2007. 255 p. (rus)
- [42]. Kondratyev S.A., Golosov S.D., Zverev I.S., Ryabchenko V.A., Dvornikov A.Yu. Modelirovaniye abioticheskikh protsessov v sisteme vodosbor-vodoyem (na primere Chudsko-Pskovskogo ozera). [Modeling of abiotic processes in system of columbia-reservoir (on the example of Lake Peipus)] SPb.: Izd-vo «Nestor-Istoriya», 2010. 116 p. (rus)
- [43]. Kondratyev S.A., Shmakova M.V., Ulichev V.I. Determinirovannoye-stokhasticheskoye modelirovaniye stoka i biogennoy nagruzki (na primere chastnogo vodosbora Finskogo zaliva). [Deterministic and stochastic modeling of a drain and biogenous loading (on the example of the individual reservoir of the Gulf of Finland)] SPb.: Nestor – Istoriya, 2013. 40 p. (rus)
- [44]. Kondratyev S.A., Shmakova M.V. Izucheniye formirovaniya stoka s rechnykh vodosborov metodami matematicheskogo modelirovaniya (na primere basseyna Ladozhskogo ozera) [Studying of formation of a drain from river columbia by methods of mathematical modeling (on the example of the basin of Lake Ladoga)] //Tr. XII syezda RGO. SPb.: Nauka, 2005. T. 6. Pp. 99-104. (rus)
- [45]. Krasnogorskaya N.N., Fashchevskaya T.B., Yelizaryev A.N. Ekologicheski bezopasnoye upravleniye vodnymi resursami rek [Ecologically safe water resources management of the rivers] // Fundamentalnyye issledovaniya. 2004. № 5. Pp. 37-38. (rus)
- [46]. Krasov V.D. Strategiya upravleniya vodnymi resursami v usloviyakh antropogennykh izmeneniy stoka [Strategy of water resources management in the conditions of anthropogenous changes of a drain] // Vestnik VGU, seriya: Geografiya. Geokologiya. 2009. № 1. Pp. 13-22. (rus)
- [47]. Krivoshey V.A., Koreneva I.B., Mikheyev N.N. K voprosu o sovershenstvovanii organizatsii upravleniya vodokhozyaystvennym kompleksom Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]. [To a question of improvement of the organization of management of the water management complex of the Russian Federation] Sistem.trebovaniya: AdobeAcrobatReader. (rus)
- [48]. Kromer Rolf. Integrirovannoye upravleniye vodnymi resursami v basseynakh rek Volgi i Reyna na primere problemnykh regionov [Integrated water resources management in basins of the Volga and Rhine Rivers on the example of problem regions] // Gidrosoruzheniya. 2009. №3. Pp. 11-15. (rus)
- [49]. Litvinenko A.V., Bogdanova M.S., Busarova V.P., Filatov N.N. Opyt sozdaniya GIS «Vodnyye obyekty Respubliki Kareliya» [Experience of creation of GIS «Water objects of the Republic of Karelia»] // Materialy Mezhdunarodnogo kongressa «Ratsionalnoye prirodopolzovaniye i ekologicheskaya bezopasnost: opyt i innovatsii». Petrozavodsk. 2009. Pp. 40-41. (rus)
- [50]. Martynova M.V. Osobennosti prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya soyedineniy fosfora v pridonnoy vode nebolshogo vodokhranilishcha [Features of existential distribution of phosphorus compounds in benthonic layer of water of a small reservoir] // Vodnyye resursy. 2004. T. 31. № 3. Pp. 315-324. (rus)
- [51]. Martynova M.V. Sootnosheniye kontsentratsii Fe/P v otlozheniyakh Mozhayskogo vodokhranilishcha kak indikator sorbtzii fosfatov [Ratio of concentration of Fe/P in deposits of the Mozhaisk reservoir as the indicator of phosphates sorption] //Vodnyye resursy. 2011. T. 38. № 2. Pp. 205-213. (rus)
- [52]. Martynova M.V. Vliyaniye khimicheskogo sostava donnykh otlozheniy na vnutrennyuyu fosfornuyu nagruzku [Influence of chemical composition of ground deposits on internal phosphoric loading] // Vodnyye resursy. 2008. T. 35. № 3. Pp. 358-363. (rus)

- [53].Marchenko A.A. Problemy razrabotki SKIOVO i NDV i nekotoryye puti ikh resheniya [Problems of development of SKIOVO and NDV and some ways of their decisions] //Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye. 2009. № 3. P. 6. (rus)
- [54].Menshutkin V.V., Filatov N.N., M.S. Potakhin. Razrabotka ekspertnoy sistemy «Ozera Karelii». Chast 1. Poryadkovyye i nominalnyye kharakteristiki ozer [Development of expert system «Lakes of Karelia». Part 1. Serial and rating characteristics of lakes] // Vodnyye resursy. T. 36, № 2. 2009. Pp. 160-171. (rus)
- [55].Menshutkin V.V., Filatov N.N., M.S. Potakhin. Razrabotka ekspertnoy sistemy «Ozera Karelii»: Chast 2. Klassifikatsiya ozer [Development of expert system «Lakes of Karelia»: Part 2. Classification of lakes] // Vodnyye resursy. T. 36, № 3. 2009. Pp. 300-311. (rus)
- [56].Metodicheskiye ukazaniya po razrabotke Pravil ispolzovaniya vodokhranilishch: utv. Prikazom Ministerstva prirodnkh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 26.01.2011 g. №17 [Methodical instructions of developing of the Rules of use of water resources of reservoirs] // Byulleten normativnykh aktov federalnykh organov ispolnitelnoy vlasti, N 26, 27.06.2011. (rus)
- [57].Mumladze R.G., Guzhina G.N., Bykovskaya N.V., Kuzmina A.A. Upravleniye vodokhozyaystvennymi sistemami. [Management of water economy systems] M.: Knorus. 2010. 208 p. (rus)
- [58].Musayev Sh.Zh., Yeliseyev Yu.Yu., Lutsevich I.N. Mekhanizmy povedeniya khimicheskikh soyedineniy v poverkhnostnom, obyemnom sloyakh i donnykh otlozheniyakh vodoyemov pri ikh antropogennom zagryaznenii. [Mechanisms of behavior of chemical compounds in superficial, volume layers and ground deposits of reservoirs at their anthropogenous pollution] Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2011. T. 13. № 1-8. Pp. 1914-1916. (rus)
- [59].Obosnovaniye strategiy upravleniya vodnymi resursami [Justification of strategy of water resources management] / Pod red. Danilova-Danilyana V.I. M.: Nauchnyy mir, 2006. 336 p. (rus)
- [60].O Pravilakh ekspluatatsii vodokhranilishch Rossiyskoy Federatsii [About exploitation rules of reservoirs of the Russian Federation]. Pismo MPR RF ot 25.10.2000 № HM-61/5611 / Zakonodatelstvo Rossiyskoy Federatsii. (rus)
- [61].Ofitsialnyy sayt Federalnogo agentstva vodnykh resursov [Elektronnyy resurs]. [Official site of Federal Agency for Water Resources] Rezhim dostupa: <http://voda.mnr.gov.ru/>
- [62].Ofitsialnyy sayt FGBU Instituta Ozerovedeniya Rossiyskoy akademii nauk [Elektronnyy resurs]. [Official site of Federal State Budgetary Institution of Science «Institute of Limnology of Russian Academy of Science»] Rezhim dostupa: <http://www.limno.org.ru/>
- [63].Ofitsialnyy sayt kompanii DHI: Water.Environment.Health [Elektronnyy resurs]. [Official site of company DHI: Water.Environment.Health] Rezhim dostupa: <http://mikebydhi.com/Contact/Europe/Russia.aspx>
- [64].Ofitsialnyy sayt kompanii Aquaveo [Elektronnyy resurs]. [Official site of company Aquaveo] Rezhim dostupa:<http://www.aquaveo.com/>
- [65].Pavlov S.Ya., Alekseyeva A.G. Analiz sovremennogo sostoyaniya i ispolzovaniya vodnykh resursov Okulovskoy vodokhozyaystvennoy sistemy, chastyu kotoroy yavlyayetsya vodokhranilishche Borovnovskoy GES [The analysis of a current state and use of water resources of Okulovsky water system which part is the reservoir of Borovnovsky hydroelectric power station] // XLII Nedelya nauki SPbGPU materialy Nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Nauchno-obrazovatelnyy tsentr "Vozobnovlyayemye vidy energii i ustanovki na ikh osnove". Natsionalnyy issledovatel'skiy Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskii universitet. 2014. Pp. 169-1. (rus)
- [66].Petina M.A. Ispolzovaniye geoinformatsionnykh tekhnologiy v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy pri upravlenii vodnymi resursami (na primere Belgorodskogo regiona) [Use of geoinformation technologies in systems of decision-making support at water resources management (on the example of the Belgorod region)] // Nauchnyye vedomosti. Seriya Yestestvennyye nauki. 2010. № 21(92). Vypusk 13. Pp. 150-156. (rus)
- [67].Postanovleniye Pravitelstva RF ot 10 yanvarya 2009 g. №17 «Ob utverzhdenii Pravil ustanovleniya na mestnosti granits vodookhrannykh zon i granits pribrezhnykh zashchitnykh polos vodnykh ob'yektov» [The resolution of the Government of the Russian Federation of January 10, 2009 No. 17 «About the approval of Rules of establishment on the district of borders of the water protection zones and borders of coastal protective strips of water objects»] // Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii ot 19 yanvarya 2009 g. № 3 st. 415. (rus)
- [68].Postanovleniye Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 22 aprelya 2009 g. N 349 «Ob utverzhdenii polozheniya o razrabotke, soglasovanii i utverzhdenii Pravil ispolzovaniya vodokhranilishch, v tom chisle Tipovykh pravil ispolzovaniya vodokhranilishch» [The resolution of the government of the Russian Federation of April 22, 2009 N 349 «About the adoption of provision on development, coordination and the approval of Rules of use of reservoirs, including Standard rules of use of reservoirs»] // Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii, № 18, 04.05.2009, (ch.II), st.2247. (rus)
- [69].Prikaz MPR RF ot 12.12.2007 №328 «Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazaniy po razrabotke normativov dopustimogo vozdeystviya na vodnyye ob'yekty» [The order of the Ministry of natural resources of the Russian

- Federation of 12.12.2007 No. 328 «About the approval of methodical instructions on development of standards of admissible impact on water objects»] // *Ekologicheskii konsalting*. 2008. №1 (29). Pp. 19-44. (rus)
- [70].Pryazhinskaya V.G., Yaroshevskiy D.M., Levit-Gurevich L.K. *Kompyuternoye modelirovaniye v upravlenii vodnymi resursami*. [Computer modeling in water resources management] M.: FIZMAT-LIT, 2002. 496 p. (rus)
- [71].Puchinina T. G. *Osnovy ekologicheskogo prava*. [Bases of the ecological right] 1999. 139 p. (rus)
- [72].Ramochnaya kontseptsiya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti vodnykh ob'yektov i territoriy vodosbornogo basseyna Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]. [Frame concept of ensuring ecological safety of water objects and territories of the catchment basin of the Russian Federation] Rezhim dostupa: http://ecorek.ru/water_concept.doc
- [73].Rastrygin N.V., Romanova A.Yu. *Modelirovaniye vodokhranilishch v sisteme upravleniya vodnymi resursami* [Modeling of reservoirs in a control system of water resources] // *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2013. Vypusk 2. Pp. 169-174. (rus)
- [74].Ratkovich D.Ya. *Aktualnyye problemy vodoobespecheniya*. [Actual problems of water supply management] M.: Nauka. 2003. 352 p. (rus)
- [75].Revunov R.V., Kazachenko T.V. *Ekonomicheskiye i institutsionnyye imperativy modernizatsii upravleniya vodokhozyaystvennym kompleksom v kontekste perekhoda k ustoychivomu razvitiyu* [Economic and institutional imperatives of modernization of water complex management in the context of transition to a sustainable development] // *Vestnik YuRGU (NPI)*. 2013. № 3. Pp. 76-84. (rus)
- [76].Ratkovich L.D., Rusakova P.A. *Vodokhozyaystvennyye aspekty pravil upravleniya vodokhranilishchami kompleksnykh gidrouzlov* [Elektronnyy resurs]. [Water economy aspects of management rules of the reservoirs of complex waterworks]. Rezhim dostupa: http://ieek.timacad.ru/science/1/sb-06.files/2_33_sb_06.html
- [77].Revunov R.V., Revunov S.V. *Podkhody k sovershenstvovaniyu sistemy upravleniya regionalnym vodorazvovaniyem* // *Yuzhno-Rossiyskiy forum: ekonomika, sotsiologiya, politologiya, sotsialno-ekonomicheskaya geografiya*. [Approaches to improvement of control system of regional water use] Rostov-na-Donu, 2012. № 2(5). Pp. 80-86. (rus)
- [78].Rumyantsev I. S. *Vodnoye khozyaystvo v Rossii – segodnya i v perspective* [Water management in Russia – today and in the long term] // *Gidrosoruzheniya*. 2009. № 3. Pp. 32-43. (rus)
- [79].Rumyantsev V.A., Bovykin I.V. *Matematiko-statisticheskiye osnovy sovmestnogo analiza vremennykh gidrologicheskikh ryadov*. [Mathematico-statistical bases of the joint analysis of temporary hydrological ranks] SPb.: Nauka, 2009. 86 p. (rus)
- [80].Rumyantsev V.A., Trapeznikov Yu.A., Grigoryev A.S. *Stokhasticheskiye modeli vliyaniya klimata na gidrologiyu ozer*. [Stochastic models of influence of climate on a hydrology of lakes] SPb.: NII Khimii SPbGU, 2001. 156 p. (rus)
- [81].Rumyantsev V.A., Trapeznikov Yu.A. *Stokhasticheskiye modeli gidrologicheskikh protsessov*. [Stochastic models of hydrological processes] SPb.: Nauka, 2008. 152 p. (rus)
- [82].Rumyantsev V.A., Filatov N.N., Gronskeya T.P., Doganovskiy A.M. *Sostoyaniye i zadachi okhrany i ispolzovaniya ozer i vodokhranilishch* [State and problems of protection and use of lakes and reservoirs] // *Materialy VII Vserossiyskogo gidrologicheskogo syezda. Tezisy plenarnykh dokladov*. SPb., 2013. Pp. 73-84. (rus)
- [83].Slabikov G.V., Kuznetsova A.B., Minasyan A.A., Solovyeva A.G. *Sbornik vodookhrannykh zon vodnykh ob'yektov Leningradskoy oblasti. Nevsko-Ladozhskoye basseynovoye vodnoye upravleniye*. [Collection of the water protection zones of water objects of the Leningrad region] SPb., 2008. 80 p. (rus)
- [84].Timirova M.N. *Upravleniye vodnymi resursami*. [Water resources management] Tashkent: TIMI, 2013. 208 p. (rus)
- [85].Federalnyy zakon «Ob okhrane okruzhayushchey sredy» ot 10.01.2002 №7-FZ [Federal law on environmental protection of 10.01.2002 No. 7-FZ] // *Ros. gaz.* – 2002. – 12 yanv.; *Parlament. gaz.* – 2002. – 12 yanv.; *Sobr. zakonodatelstva Ros. Federatsii* – 2002. – 14 yanv. – № 2, st. 133. (rus)
- [86].Kharitonov G.B. *Prioritety modernizatsii upravleniya vodokhozyaystvennym kompleksom Rossii* [Priorities of modernization of management of water complex of Russia] // *Ekonomicheskii vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2008. T. 6. № 3. Chast 2. Pp. 184-188. (rus)
- [87].Shiklomanov I.A., Georgiyevskiy V.Yu. *Vliyaniye antropogennykh izmeneniy klimata na gidrologicheskii rezhim i vodnyye resursy* [Influence of anthropogenous climate changes on the hydrological mode and water resources] // *Izmeneniya klimata i ikh posledstviya*. SPb.: Nauka, 2002. Pp. 152-164. (rus)
- [88].Shmakova M.V. *Matematicheskoye modelirovaniye rechnykh potokov*. [Mathematical modeling of river streams] SPb.: Izdatelstvo Lema, 2011. 76 p. (rus)

- [89]. Shmakova M.V. Stokhasticheskaya Model Pogody v sisteme determinirovano – stokhasticheskogo modelirovaniya kharakteristik stoka [Stochastic Model of Weather in system of deterministic and stochastic modeling of drain characteristics]. Avtoref. dis. na soisk. uch. step.k.t.n. Gos. gidrol. in-t. SPb., 2000. 25 p. (rus)
- [90]. Shmakova M.V., Kondratyev A.N., Matematicheskaya model dvizheniya vody i nanosov v otkrytykh ruslakh [Mathematical model of the movement of water and sediments in opened riverbeds] // Meteorologiya i gidrologiya. 2008. № 6. Pp. 81 – 88. (rus)
- [91]. Yaroshevskiy D.M. Podkhod k postroyeniyu sistemy matematicheskikh modeley pri reshenii zadach dolgosrochnogo planirovaniya dlya malomasshtabnykh vodnykh ob'yektov [Approach to creation of system of mathematical models at the solution of problems of long-term planning for small-scale water objects] // Vodnyye resursy. 2011. T. 38. № 2. Pp. 252-256. (rus)
- [92]. Barthel, R., Nickel, D., Meleg, A., Trifkovic, A., Braun, J. (2005) Physics and Chemistry of the Earth. Linking the physical and the socio-economic compartments of an integrated water and land use management model on a river basin scale using an object-oriented water supply model. Volume 30, Issue 6-7 SPEC. ISS. 2005. pp. 389-397
- [93]. Boguslaw K. Michalec, Anna M. Lenart-Boron, Agnieszka K. Cupak, Andrzej S. Walega (2014). The evaluation of heavy metal content in water and sediments of small reservoirs in light of various environmental quality regulations // Journal of Environmental Science and Health. 2014. №. 49. Part A. 2014. pp. 827-832.
- [94]. Borja, A., Valencia, V., Franco, J., Muxika, I., Bald, J., Belzunce, M.J., Solaun, O. (2004). The water framework directive: water alone, or in association with sediment and biota, in determining quality standards? Mar. Pollut. Bull. 2004. №. 1–2. pp. 8–11.
- [95]. Bravo, M., Gonzales, I. (2009). Applying stochastic goal programming: a case study on water use planning. Eur. J. Operat. Res. 2009. №. 196. pp. 1132-1129.
- [96]. Brown L.E., G.Mitchell, J.Holden, A.Folkard etc.(2010) Priority water research questions as determined by UK practitioners and policy makers. Science of Total Environment. 2010. №. 409. pp. 256-266.
- [97]. Li-Chiu Chang, Fi-John Chang (2001). Intelligent control for modeling of real-time reservoir operation. Hydrological processes. 2001. №. 15. pp. 1621-1634.
- [98]. Chung, G., Lansey, K., Bayraksan, G., (2009). Reliable water supply system design under uncertainty. Environ. Modell. Softw. 2009. №. 24. pp. 449-462.
- [99]. Congli Dong, Gerrit Schoups, Nick van de Giesen (2013). Scenario development for water resource planning and management: A review. Technological Forecasting and Social Change. 2013. Volume 80. Issue 4. pp. 749–761.
- [100]. Correlje, A., Francois, D., Verbeke, T. (2007). Integrating water management and principles of policy: towards an EU framework. Journal of Cleaner Production. 2007. №. 15. pp. 1499-1506.
- [101]. David Benson, Oliver Fritsch, Hadrian Cook, Marylise Schmid (2014). Evaluating participation in WFD river basin management in England and Wales: Process, communities, outputs and outcomes. Land Use Policy. 2014. №. 38. pp. 213-222.
- [102]. Eva H.Y. Beh, Graeme C. Dandy, Holger R. Maier, Fiona L. Paton (2014). Optimal sequencing of water supply options at the regional scale incorporating alternative water supply sources and multiple objectives. Environmental Modelling Software. 2014. №. 53. pp. 137-153.
- [103]. Filatov N.N., Rukhovets L.A., Terzhevik A. (2010) Ecosystem models of Ladoga and Onego lakes. In the book «Ladoga And Onego - Great European Lakes: Modelling and Experiment». Rukhovets L., Filatov N., (Eds.). London. Springer-Praxis. 2010. pp. 179-182.
- [104]. Gleick, P.H. (1998) Water in crisis: Paths to sustainable water use. Ecological Applications. 1998. Volume 8. Issue 3. pp. 571-579.
- [105]. Golosov, S., Maher, O., Schipunova, E., Terzhevik, A., Zdrovennova, G. and Kirillin, G., (2007). Physical background of the development of oxygen depletion in ice-covered lakes. Oecologia. 2007. 151(2). pp. 331-340.
- [106]. Golosov S., Terzhevik A., Zverev I., Kirillin G., Engelhardt C. (2012). Climate change impact on thermal and oxygen regime of shallow lakes. Tellus A. 2012. 64. 17264.
- [107]. Golosov S, Tolmachev A, Kirillin G, Shipunova E. (2006). Dimension analysis as applied to the lake ecosystem modeling. Proc. 10th European Workshop on Physical Processes in Natural Waters. 2006. University of Granada, Spain (Ed.: Francisco J. Rueda Valdivia). pp. 209-215.
- [108]. Golosov S, Kirillin G. (2007). Dimension analysis as applied to the water ecosystem modeling. 37th Annual Conference of Ecological Societies of Germany, Switzerland and Austria, Marburg, Germany, September 11-14, 2007.

- [109]. Hajkowicz, S., Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resour. Manag.* 2007. pp. 1553-1566.
- [110]. Henriette I. Jager, Brennan T. Smith (2008). Sustainable reservoir operation: can we generate hydropower and reserve ecosystem values? *River research and applications*. 2008. №. 24. pp. 340-352.
- [111]. Howarth, W. (2009). Aspirations and realities under the Water Framework Directive: proceduralisation, participation and practicalities. *Journal of Environmental Law*. 2009. №. 21 (3). pp. 391-417.
- [112]. Jeroen C.J.H. Aerts, Saskia E. Werners. Portfolios of adaptation investments in water management [Electronic resource] *Mitig Adapt Strateg Glob Change*.
- [113]. Juliane Albrecht (2013). The Europeanization of water law by the Water Framework Directive: A second chance for water planning in Germany. *Land Use Policy*. 2013. №. 30. pp. 381-39.
- [114]. Karamouz, M., Ahmadi, A., Yazdi, M.S.S., Ahmadi, B. (2014). Economic assessment of water resources management strategies. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2014. Volume 140. Issue 1.
- [115]. Kirillin G, Engelhardt C, and Golosov S (2009). Transient convection in upper lake sediments produced by internal seiching. *Geophysical Research Letters*. 2009. Volume. 36.
- [116]. Kumar, L.V. (2008). Urban infrastructure and water resources. *Water and Energy International*. 2008. Volume 65. Issue 3. pp. 77-80.
- [117]. Laura Read, Kaveh Madani, Bahareh Inanloo (2014) Optimality versus stability in water resource allocation. *Journal of Environmental Management*. 2014. №. 133. pp. 343-354.
- [118]. Laurie Boithias, Vicenc Acuna, Laura Vergonos, Cuy Ziv, Rafael Marce, Sergi Sabater (2014). Assessment of water supply: demand in a Mediterranean basin under different global change scenarios and mitigation alternatives. *Science of the Total Environment*. 2014. №. 470-471. pp. 567-577.
- [119]. Lehtoranta J., Heiskanen A.-S. (2003). Dissolved iron: phosphate ratio as an indicator of phosphate release toxic water of the inner and outer coastal Baltic Sea. *Hydrobiologia*. 2003. Volume 492. Part 1. pp. 69-84.
- [120]. Y.P. Li, G.H. Huang, S.L. Nie, X. Chen (2011). A robust modeling approach for regional water management under multiple uncertainties. *Agricultural Water Management*. 2011. Volume 98. Issue 10. pp. 1577-1588.
- [121]. Madani, K. (2010). Game theory and water resources. *J. Hydrol.* 2010. №. 381 (3-4). pp. 225-238.
- [122]. Mehta L. (2014). Water and human development. *World development*. 2014. №. 59. pp. 59-69.
- [123]. Miao, D.Y., Li, Y.P., Huang, G.H., Yang, Z.F., Li, C.H. (2014). Optimization model for planning regional water resource systems under uncertainty. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2014. Volume 140. Issue 2. pp. 238-249.
- [124]. Michalec, B., Tarnawski, M. (2009). Appraisal of bottom sediment pollution with trace metal of water reservoirs located in South Poland. *Arch. Environ. Prot.* 2009. №. 35. pp. 73-85.
- [125]. Mitchell, B. 2005. Integrated water resource management, institutional arrangements, and land-use planning. *Environ. Plan. A* 37. 2005. pp. 1335-1352.
- [126]. Molle, F. River-basin planning and management: The social life of a concept. *Geoforum*. 2009. Volume 40. Issue 3. pp. 484-494.
- [127]. Nielsen, H., Frederiksen, P., Saarikoski, H., Rytönen, A., Pedersen, A.B. (2013). How different institutional arrangements promote integrated river basin management: evidence from the Baltic Sea Region. *Land Use Policy*. 2013. 30. pp. 437-445.
- [128]. Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., et al. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*. 2005. №. 308. pp. 405-408.
- [129]. Page, G.W., Susskind, L. (2007). Five important themes in this special issue on planning for water. *J. Am. Plan. Assoc.* 2007. №. 73. pp. 141-145.
- [130]. Ralph A. Wurbs (2005). Modeling river/reservoir system management, water allocation, and supply reliability // *Journal of Hydrology*. Volume 300. Issues 1-4. 10 January 2005. pp. 100-113.
- [131]. E.V. de Souza, M.A. Costa da Silva (2014). Management System for Improving the Efficiency of Use Water Systems Water Supply. *Procedia Engineering*. 2014. Volume 70. pp. 458-466.
- [132]. Suen, J.P., Eheart, J.W. (2006). Reservoir management to balance ecosystem and human needs: incorporating the paradigm of the ecological flow regime. *Water Resour. Res.* 2006. №. 42. W3417.
- [133]. The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on Environmental Quality Standards in the Field

- of Water Policy, Amending and Subsequently Repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, L 385; Author: Strasbourg. 2008. 84–97.
- [134]. Tillman, D., Larsen, T.A., Pahl-Wostl, C., Gujer, W. (1999). Modeling the actors in water supply systems (Conference Paper). Water Science and Technology. 1999. Volume 39. Issue 4. pp. 203-211
- [135]. Wang, L., Fang, L., Hipel, K.W. (2008). Basin-wide cooperative water resources allocation. Eur. J. Operat. Res. 2008. pp. 798-817.
- [136]. Yaroshevskii D.M. (1996). Selection of the Form of Calculated Flood Hydrograph in Designed Water Release Facilities//Destructive Water, Congress'96, USA. Anaheim: IAHS-Press. 1996. Paper № D-21. pp. 41-50.
- [137]. Xin-An Yin, Zhi-Feng Yang, Geoffrey E. Petts, G. Mathias Kondolf (2014). A reservoir operating method for riverine ecosystem protection, reservoir sedimentation control and water supply. Journal of Hydrology. 2014. №. 512. pp. 379-387.
- [138]. X.A. Yin, Z.F. Yang, G.E. Petts (2012). Optimizing environmental flows below dams//River research and applications. 2012. №. 28. pp. 703-716.
- [139]. Yurdusev, M.A., O'Connell, P.E. (2005). Environmentally-sensitive water resources planning. Water Resour. Manag. 2005. №. 19. pp. 375-397.
- [140]. Zhang, W., Chung, G., Pierre-Louis, P., Bayraksan, G., Lansey, K. (2013). Reclaimed water distribution network design under temporal and spatial growth and demand uncertainties. Environ. Modell. Softw. 2013. №. 49 (0). pp. 103-117.
- [141]. Zoltay, V.I., Vogel, R.M., Kirshen, P.H., Westphal, K.S. (2010). Integrated watershed management modeling: generic optimization model applied to the Ipswich river basin. J. Water Resour. Plann. Manag. 2010. №. 136 (5). pp. 566-575.

Алексеева А.Г. Управление водными ресурсами в Российской Федерации // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №3(31). С. 10-44.

Alekseeva A.G. Water supply management in the Russian Federation. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 3(31), Pp. 10-44. (rus)