

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора географических наук Фроловой Натальи Леонидовны  
на диссертацию Муалла Манхаль на тему:

**«Анализ и оценка гидроэнергетического и водохозяйственного потенциала водохранилищ с учетом альтернативных источников водоснабжения»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

**Актуальность избранной темы.** Исследование водохозяйственного и водно-энергетического потенциала речных бассейнов лежит в основе мотивации водохозяйственных и гидротехнических проектов. Рассматриваются и предлагаются методы гидролого-водохозяйственного анализа с использованием инструментов имитационного и оптимизационного моделирования в водохозяйственных и водно-энергетических расчетах. Более подробно исследуется эффективность регулирования речного стока водохранилищами, а также их существующие классификации. Параллельно анализируются альтернативные источники водоснабжения, как средство повышения водообеспеченности в условиях дефицита водных ресурсов и энергетической мощности. Соискатель затрагивает несколько важных аспектов при оценке потенциала водохранилищ, таких как морфометрические зависимости, режим регулирования речного стока, вероятностный характер современной инженерной гидрологии, многоцелевое водопользование, имитационное и оптимизационное моделирование водохозяйственных систем. Очевидно, круг вопросов, исследуемых в диссертации, является актуальным.

**Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Достоверность результатов исследований определяется применением теоретических положений водохозяйственных и водно-энергетических расчетов, преемственностью методологии имитационного и оптимизационного моделирования, большим количеством специальной литературы. Результаты исследований неоднократно докладывались на российских и зарубежных конференциях и апробированы на конкретных водных объектах.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.** Результаты диссертационных исследований могут предоставлять интерес

для инженеров по водному хозяйству, гидротехников, научных работников, занимающихся проблемами водообеспечения и управления водными ресурсами с целью поддержки принятия обоснованных решений в области проектирования и управления водохранилищами. Инструменты, разработанные в диссертации, могут помочь в оценке компромиссов, рисков и определении оптимальных стратегий для достижения водно-энергетического баланса. Совершенствование методов оценки водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала водохранилищ является важным шагом к достижению устойчивого управления водными и энергетическими ресурсами речных бассейнов.

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность.** Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, включая 19 таблиц, 32 рисунка, а также 2 приложения общим объемом 165 страниц. Библиографический список содержит 134 наименования российских и зарубежных авторов. Ниже рассмотрена информация по главам диссертационной работы.

**Введение.** Сформулирована цель диссертации. Задачи исследований изложены в шести позициях и соответствуют положениям, вынесенным на защиту. Во введении представлены свидетельства научной новизны и практической значимости, показана публикационная активность и апробация результатов исследований.

**В первой главе** «Водные ресурсы и проблемы водообеспечения» соискатель рассматривает целый ряд вопросов, анализирует проблемы водообеспечения в общей постановке вместе с мероприятиями по рациональному водопотреблению и функциональной классификацией водохранилищ. Множественные проблемы водопользования рассмотрены соискателем в контексте программы развития водохозяйственного комплекса РФ. Затрагиваются проблемы качества водных ресурсов, антропогенного изменения речного стока последних десятилетий и отмечены работы отечественных исследователей, работающих, в частности, в этой области. Указывается на обострение проблем в условиях роста водопотребления и вероятного изменения климата. Обозначена проблема распределения водных ресурсов внутри водохозяйственного комплекса с учетом приоритетности и критериев удовлетворения отраслевых требований. В этой связи комментируются принципы и мероприятия



рационального водопользования, обеспечивающие экономию водных ресурсов и сохранение качества вод. По мнению соискателя, эти превентивные мероприятия обязательно должны предшествовать перспективным водохозяйственным и гидроэнергетическим проектам, которые связаны с регулированием и территориальным перераспределением стока. Данная глава является обзорной, затрагивает многие вопросы, автор останавливается на многих глобальных проблемах, что является излишним при постановке конкретных задач. Некоторая информация дается без ссылок (например, стр. 19, 22, табл. 1.4, 1.5).

**Во второй главе** «Водохранилища в решении водохозяйственных проблем» также достаточно подробно анализируется значение водохранилищ в общей задаче управления водными ресурсами. Рассмотрены классификационные схемы и примеры многоцелевого функционирования водохранилищ. Отмечено, что водохранилища являются центральным звеном водохозяйственного комплекса, соответственно для принятия решений по режиму регулирования стока необходимы многофакторные научные исследования водного режима водотоков и режима управления водными ресурсами; морфометрические характеристики в динамике эксплуатационного периода; русловые процессы и другие влияющие характеристики, такие как водопотребление и комплексные попуски. В качестве характерного примера компромиссной водохозяйственной обстановки автор рассматривает реку Евфрат с неполной определенностью в оценке водных ресурсов. Значение объекта в данном случае определяется необходимостью водоснабжения десятков миллионов человек. Помощью экспертного анализа соискатель фиксирует внимание на одной из центральных задач – определении реального показателя водности в трансграничном створе с Турцией с учетом регулирования стока Евфрата в створе плотины Ататюрк и вышележащих водохранилищ.

Далее рассмотрена методика моделирования морфометрических зависимостей с помощью степенных функций, что позволило соискателю получить аналитические выражения для объемов и площадей в зависимости от отметок наполнения. Благодаря этому в интересующем диапазоне отметок можно применять алгоритм

оптимизации для гладких непрерывных функций, который использован в диссертации для имитационного и оптимизационного моделирования.

**В третьей главе** «Альтернативные источники водоснабжения» АИС анализируются с точки зрения целесообразности, технологии и области применения. В исследовании присутствуют наиболее распространенные альтернативные источники водоснабжения, такие, как использование местных ресурсов водосбора, включая системы СДВ, повторное использование сточных вод, деминерализация дренажных стоков, опреснение соленых морских вод, ряд других. Описаны преимущества и ограничения альтернативных источников, акцентированы проблемные точки. Отмечено, что степень использования АИС в каждом случае нуждается в обосновании, как с экологической позиции, так и с точки зрения экономической эффективности.

На основании анализа собранной информации соискателем предложены сравнительные таблицы производительности и стоимости воспроизводства кубометра воды для различных альтернативных источников по ряду стран. Данные таблиц могут быть использованы для сравнения вариантов совместного использования традиционных и альтернативных источников водоснабжения, поскольку АИС приобретают все большее значение в решении проблем дефицита водных ресурсов.

**Четвертая глава** «Оценка гарантированных водных ресурсов водохранилищ» рассматривает особенности независимого и компенсированного регулирования стока. Анализируются критерии удовлетворения требований водопользователей и предлагается наиболее универсальная система критериев на основе метода «трех групп». Гидролого-водохозяйственный гидроэнергетический потенциал реки оценивается соискателем в соответствии с классическими методами водохозяйственных и водно-энергетических расчетов. Предложена обобщенная форма водохозяйственного баланса участка реки для расчетного интервала времени. Изложены подходы к автоматизации водохозяйственного баланса в условиях многолетнего регулирования стока. Анализируется влияние коэффициента вариации и обеспеченности покрытия водопотребления на параметры водохранилища и достигаемую гарантированную отдачу. Доказана значимость исследованного влияния. Соискателем предложена достаточно универсальная система критериев (метод «трех групп») при



определении параметров регулирования и целевых показателей водоотдачи и энергетической мощности ГЭС.

**Пятая глава** «Имитационная модель водохозяйственного баланса с оценкой гидроэнергетического потенциала» представлен алгоритм моделирования водохозяйственного баланса применительно к различным схемам использования водных ресурсов. Разработаны версии имитационно-оптимизационного моделирования в среде Excel с учетом рекомендуемой системы критериев покрытия водопотребления на основе метода трех групп. Показана общая постановка, а также балансовые модели разных водохозяйственных объектов, отражающие особенности участников водохозяйственного комплекса. Располагая описанием морфометрических зависимостей, мы получаем возможность для аналитического вычисления текущих значений потерь из водохранилища, определения мощности ГЭС и выработки электроэнергии в расчетные периоды времени. В диссертации решается задача реализации разных балансовых форм и алгоритмов, свойственных тем или другим водохозяйственным объектам. Основное внимание в данной постановке уделяется совмещению критериальной части задачи с моделирующим алгоритмом поиска оптимального решения. В частности, для схемы с одним водохранилищем предлагается система уравнений и ограничений, сочетающая балансовые соотношения с элементами оптимизации, такими как гарантированная водоотдача и среднемесячная гарантированная мощность и выработка электроэнергии. Рассмотрены балансовые модели нескольких реальных объектов, таких как Новосибирская ГЭС и Сурский гидроузел на реке Суре. Рекомендована разработанная соискателем одна из модельных форм – алгоритм «WEPRIVERSITE» для сезонного регулирования стока.

**В заключении** сформулированы основные результаты исследований касательно альтернативных источников водоснабжения и в части теории и практических методов оценки водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала в речном бассейне.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Изложенные в диссертации теоретические научные положения, практические результаты и выводы по отдельным разделам и

работе в целом соответствуют современным представлениям и методическим разработкам в области исследований авторитетными авторами. Теоретические и практические методы, предлагаемые в диссертации, изложены в 9 работах, в том числе 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ из них 1 публикация в журнале международной базы Scopus: Power Technology and Engineering. Имеется свидетельство о регистрации базы данных методического материала кафедры. Разработан программный модуль для расчета оптимальных водохозяйственных балансов.

**Научная новизна** диссертационных исследований может быть выражена следующими пунктами:

- сделано обобщение альтернативных источников водоснабжения с точки зрения социально-экономической эффективности с учетом региональной и климатической обстановки;
- формализованы морфометрические зависимости, позволяющие получить аналитические формулы для объемных и батиграфических функций, вычислять с их помощью потери из водохранилища, гарантированную водоотдачу, гарантированную мощность и выработку электроэнергии;
- предложена относительно универсальная система критериев удовлетворения комплексного водопотребления посредством закрепления диапазонов водоотдачи;
- разработаны версии модели имитационного водохозяйственного баланса с оптимизацией водохозяйственных и энергетических показателей, отражающие особенности водохозяйственных систем.

#### **Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

В диссертации показана эффективность имитационно-оптимизационного моделирования в решении задач гидролого-водохозяйственного обоснования проектных решений для водохозяйственных систем. Наличие упорядоченной, относительно универсальной системы критериев удовлетворения водопользователей имеет существенное значение, поскольку непосредственно влияет на параметры и показатели проектных решений, особенно в случае многолетнего регулирования стока. Разработанные соискателем программные модули апробированы на существующих водохранилищах и могут быть использованы в процессе водохозяйственного проек-



тирования гидроузлов, выполняющих регулирование стока с учетом многоцелевого использования водных ресурсов, включая гидроэнергетику.

**Личный вклад соискателя** состоял в обзоре и анализе проблем водообеспечения нескольких водохозяйственных объектов в РФ и за рубежом, в исследовании альтернативных источников водоснабжения, разработке системы критериев покрытия водопотребления, разработке макетов и алгоритма моделирования водохозяйственных балансов разной структуры.

**По работе имеются следующие замечания.**

1. Формулировка положений, выносимых на защиту, должна показать, какой результат был достигнут, частичный или полный ответ на поставленную проблему.
2. В первой и второй достаточно обширных по объему главах встречается несколько общих мест с констатацией очевидных фактов, не относящихся к теме исследований. Например, последние два абзаца на стр. 41 первой главы диссертации или стр. 44 и 45 второй главы с ненужными выделениями текста.
3. Совмещение в диссертации двух самостоятельных научно-практических задач – исследования водохозяйственно – энергетического потенциала водохранилищ и альтернативных источников водоснабжения в едином исследовании представляется спорным, несмотря на то, что соискатель показывает области сопряжения.
4. Целесообразным завершением будущих исследований соискателя были бы конкретные методические оценки наиболее экономически выигрышных сочетаний мероприятий по рациональному водопользованию, регулированию стока и привлечению альтернативных источников водообеспечения.
5. Биоинженерную систему (стр. 79) в свете мероприятий по использованию местных водных ресурсов водосбора следовало расширить в диссертации методикой ее проектного обоснования для иллюстрации эффективности подхода.

6. Метод трех групп (глава 4) действительно можно рассматривать, как достаточно универсальную систему критериев удовлетворения водопотребления, однако хотелось бы больше цифровой информации в рамках данной методики, поскольку, какая бы система не была, характеризуют ее именно значения критериев.
7. Предложенные модели (глава 5) для анализа водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала ориентированы на одиночные гидроузлы и водохранилища, не затрагивая задачу каскадного регулирования, наиболее сложную проблему водохозяйственного обоснования проектных схем.
8. Очевиден запрос на экономическую эффективность, практически не освещаемую в диссертации.

### **Выводы**

Несмотря на замечания, которые не носят принципиального характера, диссертационная работа оставляет благоприятное впечатление. Диссертация Муалла Манхаль, является завершенным научным исследованием, содержащим важные научно-практические результаты, и свидетельствует о достаточной квалификации ее автора. Работа выполнена соискателем самостоятельно с применением современных компьютерных технологий. Представленные исследования содержат несколько позиций научной новизны и представляются полезными для проектной практики водохозяйственного и гидроэнергетического строительства.

Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации и дает полное представление о диссертации и полученных результатах.

Диссертационная работа Муалла Манхаль на тему «Анализ и оценка гидроэнергетического и водохозяйственного потенциала водохранилищ с учетом альтернативных источников водоснабжения» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. с изменениями и дополнениями) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Муалла Манхаль заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.



**Официальный оппонент:**

доктор географических наук, профессор,  
заведующая кафедрой гидрологии суши  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
географический факультет

Фролова Наталья Леонидовна

119991, Российская Федерация, Москва,  
Ленинские горы, д. 1, МГУ имени М.В.  
Ломоносова, географический факультет  
Тел.: +7 (495) 939 10 01

E-mail: frolova\_nl@mail.ru

Специальность, по которой официальным  
оппонентом защищена диссертация:  
25.00.27 – «Гидрология суши, водные ре-  
сурсы, гидрохимия».

Подпись Фроловой Н.Л. заверяю.

Декан географического факультета МГУ,  
Академик РАН

«13» февраля 2025 г.



С.А. Добролюбов

«13» февраля 2025 г.