

УТВЕРЖДАЮ

Врио проректора ФГБОУ ВО
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
доктор технических наук, профессор



О.В. Кабанцев

«28» *сентября* 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
на диссертационную работу Муалла Манхаль
«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 (технические науки)

Актуальность темы диссертации. Обоснованные комплексные водохозяйственные и водоохранные мероприятия являются основой функционирования водохозяйственного комплекса речного бассейна. Водохранилища, как одна из главных составляющих водохозяйственных систем (ВХС), как правило, определяют их социальную и экономическую эффективность. При этом методика оценки гарантированной водо- и энергоотдачи водохранилищ – одна из наиболее актуальных задач расчетного обоснования водохозяйственных проектов. Особое внимание уделяется формализации задач, связанных с оценкой водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала водохранилищ, и разработке имитационных водохозяйственных моделей применительно к различным схемам ВХС. В работе анализируются ключевые вопросы оценки потенциала водохранилищ, включая морфометрические характеристики, режимы регулирования стока, исследуется влияние критериев покрытия водопотребления и предлагается новый критериальный подход, рассмотрено применение имитационного и оптимизационного моделирования воднобалансовых расчетов. Наряду с основным направлением дополнительно исследуются альтернативные источники водоснабжения как способ повышения уровня водообеспеченности. Круг

рассматриваемых вопросов подчеркивает актуальность темы диссертационного исследования. Очевидна связь темы и содержания диссертации паспорту заявленной научной специальности.

Степень разработанности темы исследования.

В научных работах, выполненных в области инженерной гидрологии за последние десятилетия, показано, что расчетное обоснование водохозяйственных проектов базируется, в том числе, на методиках оценки гарантированной водо- и энергоотдачи водохранилищ, и использовании имитационных водохозяйственных моделей применительно к различным схемам ВХС.

Однако недостаточно проработанными остались вопросы, связанные с составлением алгоритмов имитационного водохозяйственного баланса с оптимизацией целевых показателей, характеризующих водохозяйственный и гидроэнергетический потенциал речного створа. В частности, мало изучены альтернативные источники водоснабжения как способ повышения уровня водообеспеченности.

Новизна проведенного исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

На основании анализа водохозяйственно-экологических проблем, решаемых с помощью водохранилищ и факторов, влияющих на их регулируемую способность, в диссертации сформулированы положения научной новизны.

Показано влияние значений коэффициента вариации и автокорреляции на результаты оценки параметров водохранилищ и субъективность существующей системы критериев в условиях комплексного водопотребления. В связи с этим соискателем предложена достаточно универсальная система критериев покрытия водопотребления («метод трех групп»), основанная на вероятности попадания водоотдачи в заданный интервал значений).

Отмечена важность формализации морфометрических функций для обосновывающих расчетов и рекомендовано моделирование батиграфических зависимостей степенными функциями в диапазоне отметок, влияющих на результаты.

В диссертации проведен обобщенный анализ существующих альтернативных источников водоснабжения с точки зрения сокращения потребности в водных ресурсах и в качестве компенсатора к традиционной водоподаче в дефицитные периоды времени.

Соискателем разработаны алгоритмы имитационного водохозяйственного баланса с оптимизацией целевых показателей, характеризующих водохозяйственный и гидроэнергетический потенциал речного створа. В среде Excel разработан программный модуль «WEPRIVERSITE», реализующий базовый алгоритм модели для условий сезонного моделирования (к настоящему моменту сертифицирован).

Структура диссертационной работы. Диссертация представлена на 165 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения,

списка литературы и приложений. Основная часть включает 19 таблиц, 32 рисунка, список литературных источников из 134 наименований, в том числе 19 зарубежных исследователей и 2 приложения, содержащие описание алгоритма программного модуля и свидетельства апробации результатов исследований на конференциях и конкурсах.

Содержание диссертационной работы.

Во введении обосновывается актуальность темы исследований, цель и задачи диссертации, положения, вынесенные на защиту, сформулированы пункты научной новизны, теоретической и практической значимости результатов, а также описана структура, объем и содержание диссертационной работы.

В первой главе «Водные ресурсы и проблемы водообеспечения» рассмотрены вопросы рационального использования водных ресурсов и классификации водохранилищ. Проанализированы современные проблемы водопользования, включая антропогенное изменение речного стока, снижение качества воды и перспективные меры по сохранению водных ресурсов. Отмечается, что Россия благодаря потенциалу природных ресурсов лидирует в области качественного водопользования. Тем не менее многочисленные проблемы водохозяйственного комплекса и методы их решения пока лишь обозначены в материалах программных документов правительства на ближайшие десятилетия. Опираясь на работы авторитетных ученых и собственные исследования, автор формулирует свою позицию осуществления водохозяйственной деятельности следующим образом: мероприятия рационального водопользования формируют необходимый фон и должны предшествовать проектированию водохозяйственных систем, связанных с регулированием и территориальным перераспределением стока.

Во второй главе «Водоохранилища в решении водохозяйственных проблем» исследуется значение водохранилищ в системе водохозяйственного комплекса, рассмотрены их классификации и факторы, влияющие на регулирование стока, включая морфометрические характеристики, гидрологические особенности и потребности водопользователей. Отмечается, что водохранилища являются важнейшим звеном ВХС и играют ключевую роль в решении водохозяйственных и экологических проблем. Поскольку при многоцелевом использовании водохранилищ покрытие в полном объеме требований всех компонентов водохозяйственных комплексов практически невозможно, определяющим фактором принятия проектных и эксплуатационных решений является система критериев водопотребления. Объективность и корректность системы позволяет оптимизировать межотраслевые противоречия в запросах на водные ресурсы. В качестве примера масштабного влияния строительства водохранилищ, анализируется пример самой крупной реки Западной Азии - реки Евфрат с площадью водосбора более 650 тыс. км² с неопределенностью

гарантированных водных ресурсов как по длине, так и в трансграничном створе. Евфрат протекает из Турции и являются главным источником водоснабжения миллионов людей. Используя доступную информацию международной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии и ряда публикаций, в диссертации сделана оценка реального транзита Евфрата на границе с Сирией. Сравнение кривых обеспеченности естественных водных ресурсов и зарегулированных при оптимистичном сценарии показывает, что транзит в Сирию в остро-маловодные годы снижается до 12-16 км³. Тогда обязательства Турции в расчетные маловодные периоды, напрямую зависят от водопотребления на территории этой страны. Существенно, что для территорий с высокой испаряемостью, требуется объективная информация о потерях из водохранилищ на испарение. В этой связи соискателем предложена методика моделирования морфометрических зависимостей с помощью степенных функций, что позволяет автоматизировать расчет потерь в имитационной модели водохозяйственного баланса и водно-энергетических расчетах.

В третьей главе «Альтернативные источники водоснабжения» проанализированы основные виды альтернативных источников водоснабжения (АИВ), их преимущества и ограничения. Проведена сравнительная оценка эффективности различных источников по странам и регионам. Анализируются особенности и технологии применения АИВ. Отмечается, что несмотря на то, что традиционные источники воды использовались на протяжении длительных временных периодов, в ряде случаев они оказываются недостаточно надежными. Причин этого достаточно много, таких как антропогенные сокращения водного стока в маловодные периоды, климатические трансформации, естественный рост населения и другие. Альтернативные источники водоснабжения могут рассматриваться с двух точек зрения, как единственный самостоятельный гарант водообеспечения и дополнительный резерв для традиционного водообеспечения в маловодных условиях. В числе АИВ соискатель анализирует местные ресурсы водосбора, повторное использование сточных вод, деминерализация дренажных стоков, опреснение соленых морских вод, некоторые другие.

Особенности и соответственно степень привлечения альтернативных источников в каждом конкретном случае нуждается как в экологическом, так и в технико-экономическом обосновании. Широкое внедрение альтернативных вариантов водоснабжения повышает водообеспеченность, снижает социальные и экономические риски. Замечено, что эффективность мероприятий носит сугубо региональный характер и для каждого из таких источников она неодинакова. Названы факторы, от которых зависит проектная эффективность водохозяйственных систем, использующих АИВ: глубина залегания ПВ, минерализация, гидравлическая связь с поверхностным стоком для систем совместного использования поверхностных и подземных вод; доля сокращения запроса к водохранилищам при создании систем сбора

дождевой воды (СДВ); затраты на водоподготовку и компенсацию залегания грунтовых вод в системах повторного использования городских и животноводческих стоков могут оказаться чрезмерными, поскольку грунтовые воды подвержены опасности транзита загрязнений в водные объекты. Более масштабные по сравнению с СДВ – системы использования местных ресурсов водосбора (ИМРВ) определяются эффективностью сокращения запроса непосредственно к водохранилищам. На основании анализа собранной информации в диссертации получены таблицы производительности и стоимости воспроизводства воды по ряду стран для сравнения вариантов совместного использования традиционных и альтернативных источников водоснабжения. Отмечается, что традиционные источники воды по-прежнему доминируют в экономике стран и поэтому важна научная поддержка внедрения новых технологий альтернативного водоснабжения.

В четвертой главе «Оценка гарантированных водных ресурсов водохранилищ» рассматриваются методы оценки водообеспеченности и предложена достаточно универсальная система критериев оценки водоотдачи и энергетической мощности, а также подходы к автоматизации расчетов. Поскольку основным инструментом гидролого-водохозяйственного анализа являются соответствующие водохозяйственные балансы соискателем приводится уравнение водохозяйственного баланса в наиболее общей форме. Далее изложена методика соединения водохозяйственных и водно-энергетических расчетов в едином алгоритме. Формализация требований водопользователей, характерных для российской проектной практики, наглядно демонстрируется в работе на примере бассейна Дона в зоне водообеспеченности Цимлянским водохранилищем многоцелевого использования водных ресурсов. Целесообразность совершенствования системы критериев водопотребления показана также на примере небольшого по масштабам проекта на реке Клариус в республике Кипр, осложненного режимом многолетнего компенсированного регулирования стока. Цифры объема водохранилища и параметров водоотдачи отличаются от примера ЦГУ на три порядка. Таким образом, на нескольких конкретных объектах показано, что весь состав водопользователей можно распределить по группам с учетом значимости и приоритетов. Далее каждой группе отводится диапазон значений суммарной водоотдачи и обеспеченность (вероятность попадания) водоотдачи в этот диапазон. Указано, что конкретные критерии классификации пользователей и приоритет, отдаваемый каждой группе, различаются в зависимости от местных условий. Дополнительно в качестве интегрального критерия для каждого диапазона или единый всех диапазонов используется критерий надежности – суммарного значения гарантированной воды за многолетие.

В пятой главе «Имитационная модель водохозяйственного баланса с оценкой гидроэнергетического потенциала» представлены алгоритмы моделирования водохозяйственных балансов для различных схем использования водных ре-

сурсов. Предложены несколько версий имитационно-оптимизационного моделирования в среде Excel с учетом рекомендованной системы критериев на основе метода «трех групп». Формализованы в виде смешенных систем уравнений, ограничений и функционалов алгоритмы моделирования, отражающие особенности участников водохозяйственного комплекса. В алгоритмах используются модели батиграфических функций, что позволяет получать аналитические оценки текущих значений потерь из водохранилища, значений мощности ГЭС и выработки электроэнергии в расчетные интервалы времени. Предлагаемая основа моделирования в совмещении критериальной части задачи с моделирующим алгоритмом поиска оптимального решения. С учетом возможностей процедуры «Solver», встроенной в Excel моделирующий алгоритм ориентирован на сезонное регулирование, с использованием макросов и процедуры поиска решения на основе обобщенного понижающего градиента для гладких нелинейных задач. Программный модуль «WEPRIVERSITE» апробирован на примерах Сурского гидроузла, образующего Пензенское водохранилище, и Новосибирского водохранилища на Оби. Водохозяйственная система объекта предназначена для комплексного водоснабжения городов Пензы и Заречного, многих промышленных предприятий, то есть является значимым объектом анализа, ориентированным на развитие регулярного орошения и промышленности. Рассмотрены также версии имитационной модели для компенсированного регулирования стока. Показано, что в зависимости от модели баланса в качестве компенсатора может быть не только незарегулированная боковая приточность, но и подземные воды в режиме совместного использования, а также другие альтернативные источники водообеспечения.

На основе проведенных исследований в диссертации приводится **заключение**, которое отражает основные научные и практические результаты, полученные автором.

Обоснованность и степень достоверности полученных результатов.

Научно-практические подходы и методы, использованные в диссертации, опираются на базовые положения теории и практики гидролого-водохозяйственных расчетов, апробированы на конкретных объектах и соответствуют современным пониманиям в исследуемой области, расширяя их и повышая достоверность и надежность результатов.

Методология и результаты диссертации, изложены в 9 опубликованных работах, размещены в зарегистрированной базе данных методического материала кафедры. По материалам исследований разработан программный модуль Excel для расчета оптимальных водохозяйственных балансов, включая раздел водно-энергетического анализа.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Основной результат научных разработок состоит в обосновании эффективности совместного применения имитационного и оптимизационного моделирования в рамках параллельного анализа для оценки водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала речных створов. Предлагается расширенная система критериев покрытия водопотребления, очевидно повышающая степень надежности результатов проектного обоснования.

На основе классических и собственного подхода соискателя, разработаны конкретные алгоритмы для использования в водохозяйственных и водно-энергетических расчетах.

Качественные исследования проведены в области альтернативных источников водоснабжения с намеченной линией дальнейших разработок в области совместного их использования с традиционными водоисточниками.

Целесообразно использование результатов диссертации инженерами-гидротехниками, специалистами по водному хозяйству и лицам, работающим в области управления водными ресурсами и водопользования. Это будет способствовать минимизации рисков и разработке оптимальных стратегий для достижения сбалансированного использования водных и энергетических ресурсов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Результаты исследований настоящей диссертации представляют интерес для инженеров по водному хозяйству, проектировщиков гидротехнических сооружений и водохранилищ, а также специалистов, занимающихся проблемами управления водными ресурсами с целью принятия обоснованных решений в области проектирования и управления водохозяйственными системами или отдельными водохранилищами многоцелевого использования. Алгоритмы и модель, разработанные в диссертации, являются инструментом для оценки компромиссов, рисков и определения оптимальных стратегий с целью достижения водно-энергетического баланса. В целом, совершенствование методов оценки водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала водохранилищ направлено на повышение качества управления водно-энергетическими ресурсами речных бассейнов.

Отражение содержания в публикациях, апробация и достоинства работы. По теме диссертации автором опубликовано 9 работ, в том числе 5 статей в журналах из перечня ВАК, одна публикация представлена в журнале «Power Technology and Engineering» международной базы Scopus. Получено свидетельство о регистрации базы данных для учебного процесса и разработана компьютерная программа «WEPRIVERSITE» (Water Energy Potential River Site) в среде Excel для оценки водохозяйственного и гидроэнергетического потенциала в речном створе.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации.

Результаты исследований автора докладывались и обсуждались на четырех международных и всероссийских конференциях и семинарах.

Это свидетельствует о том, что материалы диссертации полностью отражены в опубликованных работах и апробированы в научных докладах.

Соответствие диссертационной работы специальности и критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней».

Анализ научной новизны и практической значимости изложенных в диссертации соискателя Муалла Манхаль результатов, а также сформулированных в работе защищаемых положений позволяет установить их соответствие следующим пунктам паспорта научной специальности 2.1.6 – «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология»:

п. 7. Водохранилища и подпертые бьефы речных гидроузлов, режимы эксплуатации водохранилищ; методы управления режимами работы водохранилищ и их каскадов. Влияние водохранилищ на режимы рек и окружающую среду.

п. 20. Речной сток и русловые процессы: формирование и пространственно-временные изменения, моделирование и прогнозирование.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В диссертационной работе приведены таблицы Нормативов допустимых концентраций (НДК) загрязняющих веществ в бытовых сточных водах в таблице 1.3 на стр. 22, однако отсутствует ссылка для какого водного объекта представлены указанные данные, т.к. количество сбрасываемых загрязняющих веществ производится расчетным путем для каждого источника сброса сточных вод в водные объекты.
2. В таблице 1.4 Характеристика промышленных и сточных вод, сбрасываемых в водоток, на стр. 27 диссертации в первом столбце приведены показатели с сокращением на иностранном языке и не представлен перевод и наименование (название) этих показателей; целесообразно было бы привести эти сведения на русском языке.
3. В тексте диссертации встречаются термины и выражения, требующие объяснения, которое, к сожалению, в ряде случаев отсутствует. Например, что означают термины: «важнейшие экосистемные услуги», «химическая, физическая и биологическая целостности вод страны», приведенные на стр. 29?
4. Во 2-ой главе на стр.73, 74 приведены графики «Эскиз батиграфических зависимостей» на рис.2.7 и на рис.2.8 и 2.9 «Объемные кривые при разных значениях показателя степени и высотах ...». Однако описания исходных данных, по которым строились указанные графики, в тексте диссертации отсутствуют. Если это существующие водные источники, то проводилось ли сопоставление полученных данных с реальными значениями на объекте?

5. В работе было бы правильно в каждой главе, где есть графики и формулы, представлять верификацию полученных результатов. Поскольку все расчеты сведены к главе 5 и одновременно отсутствуют сведения об исходных данных, представленных во 2-ой главе, трудно понять проводилась ли верификация, например, приведенной в Главе 2 формулы (2.3) для построения объемных кривых при разных значениях показателя степени и высотах и т.д.
6. В главе 3 приведен общий перечень альтернативных источников водоснабжения, но при этом нет четкого указания на конкретный источник, принятый в качестве примера с расчетами.
7. В таблицах 3.2 и 3.3 на стр. 94-95 «Производительность очистных сооружений поверхностного стока и для подземных водозаборов в зависимости от концентрации загрязнений» приведены устаревшие сведения за период с 1804 по 1992 гг.
8. При определении водно-энергетического потенциала не рассматривается переход от среднемесячной обеспеченной мощности к гарантированной мощности ГЭС, значение которой в большей степени отвечает гидроэнергетическому потенциалу водотока.
9. Функциональную классификацию водохранилищ (глава 2, стр. 55 диссертации), которую анализирует автор, целесообразно было бы дополнить расчетными схемами и формальными уравнениями для содержательного обсуждения.
10. При описании методики моделирования морфометрических зависимостей (глава 2) желательно уточнить в каком диапазоне отметок использование степенной функции аппроксимации является целесообразным.
11. Из текста диссертации не ясно, в какой степени изменяется разработанная методология при переходе от отдельных водохранилищ к каскадам. Меняется ли форма водохозяйственного баланса, предложенная в уравнении 4.1 (стр. 99 диссертации), насколько существенно изменится алгоритм в случае каскадного регулирования?

Отмеченные недостатки не умаляют положительных характеристик диссертационной работы и ориентированы на будущие исследования по выбранной соискателем теме.

Заключение

Диссертация Муалла Манхаль «Анализ и оценка гидроэнергетического и водохозяйственного потенциала водохранилищ с учетом альтернативных источников водоснабжения» является завершенной научно-квалификационной работой по актуальной теме, содержит очевидные позиции научной новизны, теоретической и практической значимости, а представленные научные положения, заключение и реко-

мендации имеют важное значение для развития методологии гидролого-водохозяйственного анализа водохозяйственных и гидроэнергетических объектов. Оформление диссертационной работы соответствует требованиям ГОСТ.

Диссертация выполнена автором самостоятельно. Достоверность результатов и выводов обоснована. Автореферат объективно отражает основные положения диссертационной работы. Материалы диссертации в полной мере изложены в публикациях автора.

Диссертационная работа Муалла Манхаль «Анализ и оценка гидроэнергетического и водохозяйственного потенциала водохранилищ с учетом альтернативных источников водоснабжения» соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Муалла Манхаль, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Отзыв на диссертацию Муалла Манхаль составлен по результатам обсуждения диссертационной работы и автореферата на заседании кафедры гидравлики и гидротехнического строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) и принят единогласно 21 января 2025 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой

гидравлики и гидротехнического

строительства, доктор

технических наук, профессор



Дмитрий Вячеславович Козлов

Профессор кафедры

гидравлики и гидротехнического

строительства, кандидат

технических наук, доцент



Назира Тентимишовна Джумагулова

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет",

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Телефон: +7 (495) 781-80-07,

www.mgsu.ru,

E-mail: kanz@mgsu.ru.