



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института геологии,
сейсмостойкого строительства и
сейсмологии Национальной
академии наук Таджикистана,
кандидат геолого-минералогических
наук, доцент

Сафарализода Н.С.

« 01 » 06 2026г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Давлатшоева Саломата Каноатшоевича** на тему: **«Развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в основаниях высоконапорных плотин»**, представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство).

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует положениям пунктов 1, 9 и 11 паспорта научной специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство):

- Разработка теории, методов расчетного обоснования, проектирования и строительства плотин из грунтовых материалов; совершенствование геотехнических, динамических и фильтрационных исследований грунтовых водоподпорных сооружений, их откосов, оснований береговых примыканий и склонов, научное обоснование перспективных направлений ремонта, конструкции и эксплуатации земляных плотин;

- Разработка методов оценки влияния гидротехнического строительства на прилегающие территории, создание новых методов расчётов и проектирования сооружений инженерной защиты;

- Эксплуатационная надёжность гидротехнических сооружений, разработка новых критериев их безопасности, новые системы контроля и наблюдений за сооружениями, совершенствование методов технической диагностики и мониторинга водных систем и объектов.

Название темы диссертации соответствует паспорту специальности 2.1.8. Гидротехническое строительство.

Актуальность темы исследования. Гидроэнергетика является одним из основных секторов экономики, способствующая устойчивому развитию Таджикистана. Одним из важных гидроэнергетических объектов является Рогунская ГЭС - проект, имеющий важное значение не только на национальном уровне, но и в масштабе всей Центральной Азии.

Створ плотины Рогунской ГЭС является самым энергоэффективным участком в бассейне реки Вахш со сложными инженерно-геологическими и сейсмическими условиями. Все сооружения Рогунской ГЭС строятся на едином тектоническом блоке ограниченного Ионахшским и Гулизинданскими разломами второго порядка, с выходом наружу легкорастворимого солевого пласта по Ионахшскому разлому.

Строительство высоконапорной плотины и создание водохранилищ на территориях неблагоприятных в инженерно-геологическом отношении, в том числе наличием в основании высоконапорных плотин растворимых пород, должно сопровождаться обоснованным выбором инженерных мероприятий по защите пород от растворения в виде противofильтрационных и противосуффозионных устройств и контроля в реальном масштабе времени за их работой, а также организацию наблюдений за развитием физико-химических процессов в основании плотины, обеспечивает безопасность гидротехнических сооружений и их эксплуатацию.

В виду того, что территория строительства Рогунского гидроузла, расположена в зоне сложных инженерно-геологических, геотектонических, гидрогеохимических и сейсмических условий, то повышение требований к исследованию и изысканию основания сооружения в период строительства и эксплуатационные периоды с применением современных методов, а также разработкой современных систем инженерных мероприятий по защите основания плотины от разрушения, является одной из важных задач.

В связи с этим, соискателем предлагаются результаты реализации комплекса научных и практических исследований по управлению гидрогеохимическим, геотермическим и фильтрационными режимами в растворимых основаниях высоконапорных плотин, обеспечивающих безопасность гидротехнических сооружений и, в целом, гидроэкологическую безопасность.

Степень обоснованности научных положений, выводов и положений, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

1. Внесен вклад в дальнейшее развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин. Сформулированы концептуальные основы совершенствования методов ведения мониторинга, с разработкой критериального показателя для оперативной оценки эффективности противofильтрационных и противосуффозионных мероприятий и формирования мероприятий по обеспечению безопасности основания плотины.

2. Впервые создана математическая модель для оптимального поиска участков зарождения путей сосредоточенной фильтрации и определения коэффициента фильтрации с применением теории тепломассопереноса, разработан высокочувствительный двухканальный геотермометр-тепломер с высокой точностью исследований.

3. Разработана математическая модель трансформаторного кондуктометра, кондуктометрический метод и аппаратура измерения электрической проводимости подземных, минерализованных вод в

пьезометрической сети в диапазоне от 0,2 до 300 г/л. с функциями автоматизированной калибровки без применения сложного оборудования.

4. Экспериментально выявлено ранее неизвестное физическое явление возникновения геотепловой завесы, разделяющей земную кору на зону аккумуляции солнечной энергии (приповерхностная часть земной коры) и зону аккумуляции теплового потока, идущего из недр Земли, определяемого интенсивностью солнечного излучения, скоростью и объёмом потока воды в русле, скоростью наземного ветра, средней теплопроводностью пород земной коры, теплоёмкостью подземных вод и встречным тепловым потоком от ядра Земли. Установлено явление аномального прогрева приповерхностной части земной коры, связанное с уменьшением объёма зоны аккумуляции солнечной энергии при приближении геотепловой завесы к поверхности Земли, являющейся одним из основных факторов, приводящих к деградации ледников, испарению воды, возникновению засухи и увеличению площади лесных пожаров.

5. Разработан метод и система двухуровневого контроля изменения теплового режима земной коры, с использованием измерения температуры в приповерхностной части земной коры до геотепловой завесы и глубже за геотепловой завесой. Предложено эмпирическое уравнение состояния теплового поля, позволяющее косвенно определить изменение распределения температуры по глубине земной коры, а также способствующее исследованию дневного и летнего нагрева приповерхностной части земной коры солнечным излучением и ночную зимнюю теплоотдачу в атмосферу, для составления годового баланса теплонакопления в земной коре и теплоотдачу в атмосферу.

6. На основе теории тепломассопереноса, разработан метод определения коэффициента фильтрации в основании плотины, с учетом изменения теплового состояния земли. Разработанный метод и полученная формула коэффициента фильтрации (аналог закона Дарси) позволяет определить скорость фильтрации, в основании плотины на скальных трещиноватых породах, с движением фильтрующейся воды, принимающей турбулентный характер.

7. Выявлено неизвестное ранее физическое явление опреснения, возникающее при повышении величины гидростатического давления над осмотическим давлением минерализованных вод и отжатия при повышении осмотического давления над гидростатическим давлением. Выявлено ранее неизвестное физическое явление возникновения гидронапорно-осмотической завесы между менее и сильноминерализованными водами, возникающими при достижении равновесного состояния между гидростатическим и осмотическим давлениями, при котором массоперенос молекулы воды в обоих направлениях прекращается.

8. Предложен способ и устройство сифонного перехвата пресных фильтрационных потоков, и сброс их в нижний бьеф сооружения, позволяющий управлять и обеспечивать неравномерное давление фильтрационных вод между скважинами, пробуренными в сторону оголовка

соли, противофильтрационной завесой на всю длину защищаемого участка и прижатия минерализованных вод к телу солевого пласта, уменьшающей при этом растворение и суффозию оголовка солевого пласта.

Научная новизна и достоверность полученных результатов.

1. Получено дальнейшее развитие теории и метода управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин. Сформулированы концептуальные основы совершенствования методов ведения системы мониторинга, с разработкой критериального показателя для оперативной оценки эффективности противофильтрационных и противосуффозионных мероприятий и формирования мероприятий по обеспечению безопасности основания плотины;

2. Впервые создана математическая модель оптимального поиска путей **сосредоточенной фильтрации**, разработан высокочувствительный двухканальный геотермометр-тепломер с высокой точностью для исследуемого объекта;

3. Впервые разработана математическая модель трансформаторного кондуктометра, метод и прибор для измерения удельной электропроводности подземных минерализованных вод в широком диапазоне концентрации водных растворов;

4. Экспериментально установлено ранее неизвестное, физическое явление - возникновение геотепловой завесы и изменения расположения геотепловой завесы по вертикали для исследуемого объекта. Выявлена причина аномального прогрева приповерхностной части земной коры, в зоне исследуемого объекта, с разработкой метода и системы двухуровневого контроля изменения теплового режима;

5. Впервые на основе теории тепломассопереноса, разработан метод определения коэффициента фильтрации и пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины, с учетом изменения теплового состояния земли;

6. Установлено ранее неизвестное физическое явление - возникновение гидронапорно-осмотической завесы между менее и сильноминерализованными подземными водами, связанное с повышением гидростатического давления, на основании которого, впервые разработано управляемое противосуффозионное устройство по защите оголовка солевого пласта в основании плотины.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается:

- многолетними исследованиями гидрогеохимического и геотермического режимов в основании будущей плотины Рогунской ГЭС в существующей пьезометрической сети стандартными методами и средствами, методами и аппаратурой, разработанной автором;

- разработкой и изготовлением в производственных условиях зондов-кондуктометров «NELT», «Кальмар», геотермометра-тепломера и принятое в эксплуатацию прижимное устройство для сейсмических датчиков (признанное изобретением) для оценки качества цементационных работ горных массивов;

- установлением автором неизвестных ранее физических явлений и на их основе разработка противосуффозионного способа и устройства, способствующего принятию адекватных технических решений по проектированию мероприятий защиты солевого пласта от размыва.

Научная и практическая значимость диссертации заключается в:

- разработке высокочувствительного двухканального геотермометра-тепломера с точностью $0,001^{\circ}\text{C}$, рекомендуемого для оптимального поиска участков зарождения путей сосредоточенной фильтрации и определения коэффициента фильтрации с применением теории тепломассопереноса;

- разработке, на базе современных микропроцессорных систем с улучшенными характеристиками, индуктивного кондуктометра, рекомендуемого для измерения электрической проводимости подземных минерализованных вод в диапазоне от 0,2 до 600 мСм/см с погрешностью $\pm 0,1$ мСм/см, при концентрации в диапазоне от 0,2 до 300 г/л с точностью $\pm 0,1$ г/л;

- установлении (экспериментально) ранее неизвестного, для исследуемого объекта, физического явления - возникновения геотепловой завесы и изменения расположения геотепловой завесы по вертикали, рекомендуемого использовать при определении сужения зоны аккумуляции солнечной энергии (приповерхностная часть земной коры) и её прогреву как индикатора избыточного тепла в земной коре;

- методике определения коэффициента фильтрации с применением теории тепломассопереноса, рекомендована для определения изменения фильтрационной характеристики основания плотины и зону зарождения путей сосредоточенной фильтрации;

- установлении неизвестного ранее физического явление опреснения и отжатия подземных минерализованных вод, для исследуемого объекта, а также неизвестной ранее физической закономерности повышении глубины опреснения подземных минерализованных вод и рекомендуемого использовать для принятия адекватного технического решения, как на этапе возведения, так и в период эксплуатации сооружения;

- разработке управляемых противосуффозионных устройств по всей длине защищаемого участка солевого пласта в основании плотины применимые для прижатия минерализованных вод к солевому пласту, защищающих пласт соли от растворения пресными водами.

Степень достоверности результатов исследования, точность и обоснованность результатов исследования. Достоверность результатов работы основаны на

- применении существующих методов и средств исследований, подтвердившиеся многолетними результатами полученные отечественными и зарубежными учеными;

- в результатах, полученных в процессе научных полевых исследований; подтверждении результатов натурных исследований в сравнении с результатами, полученными с применением современных методов и технологий, а также результатов других исследователей;

- реализации камеральных работ с использованием существующих методологий;

- применением методов статического анализа и критериев статистической оценки результатов, подтвердившие необходимой повторяемостью полученных результатов и сопоставлением с данными других авторов;

- одобрением, в процессе обсуждения, на научных семинарах и конференциях различного уровня.

В процессе проведения эксперимента в пьезометрической сети основания плотины Рогунской ГЭС полученные результаты количественно и качественно согласуются с экспериментальными данными по химическому анализу, ранних проб из скважины. В процессе разработки и изготовления кондуктометров «NELT» и «Кальмар» измерения УЭП проводили по ГОСТ 8567–90. Поверочные растворы готовились согласно методике, указанной в ГОСТ 22171–90. Результаты измерений сравнивались с метрологическими характеристиками аттестованного прибора «АНИОН–7500» с использованием образцов УЭП.

Личный вклад соискателя в исследование. Диссертация является результатом многолетних исследований автора в период непосредственной работы (1989 – 2019 гг.) на строительстве Рогунской ГЭС в качестве: начальника геофизической партии ОГИИИ Института Гидропроект г. Москвы (1989-1992), заместителя главного инженера, главного инженера и директора дирекции строящейся Рогунской ГЭС (1993-2003), заместителя генерального директора АО «Гидроспецстрой» (2004-2007), начальника отдела рабочего проектирования (ОРП), начальника отдела «Геофизических исследований и натурного наблюдения» ОАО «Рогунской ГЭС» (2008-2011) и директора ООО «Гидроспецпроект» (2012-2019), а в последствии в лаборатории «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ.

Автором сформулированы и поставлены цели исследований, обобщены результаты режимных наблюдений предыдущих лет, разработан кондуктометрический метод измерения электропроводности подземных минерализованных вод, изготовлен кондуктометр и экспериментально исследованы метрологические характеристики кондуктометра, а также разработан геотермометр и проведены эксперименты по измерению степени минерализации и температуры в пьезометрических сетях основания строящейся плотины Рогунской ГЭС. Обработка результатов исследований позволили автору установить неизвестные ранее физические явления, для исследуемого объекта.

Соискателем в рамках поставленных целей и задач в диссертационной работе определены: условия появления ранее неизвестного, для исследуемого объекта, физического явления каковым является возникновение геотепловой завесы и изменения расположения геотепловой завесы по вертикали, приводящие к сужению и расширению зоны аккумуляции солнечной энергии (приповерхностная часть земной коры); физическая связь между скоростью фильтрационных потоков и появлением области с пониженной температурой

равной температуре теплоносителя, на основе которого разработана методика определения коэффициента фильтрации и зона зарождения путей сосредоточенной фильтрации; условия возникновения неизвестного ранее физического явления опреснения и отжатия подземных минерализованных вод, для исследуемого объекта, а также неизвестной ранее физической закономерности повышения глубины опреснения подземных минерализованных вод в зависимости от повышения гидростатического напора.

Публикации результатов диссертации в рецензируемых научных журналах. Основное содержание диссертации отражено в 82 печатных работах, в том числе 29 - в рецензируемых журналах из перечня ВАК при Президенте РТ и ВАК РФ, 8 малых патентах Республики Таджикистан и 4 патентах Евразийской патентной организации (ЕАПО), а также в 36 статьях, опубликованных в сборниках международных, республиканских научных конференций и в 5 монографиях. 16 работ написаны и опубликованы автором единолично.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, рекомендаций, списка литературы, включающего 302 библиографических ссылок изложен на 325 стр. текста, из них 250 стр. основного текста, включающего 41 таблицу и 103 рисунками. Приведены также 6 приложений на 42 страницах.

Во **введении** диссертации соискателем изложены: актуальность темы исследования, степень научной разработанности изучаемой проблемы, связь исследования с научными программами и общая характеристика исследования (цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, методы исследования, научная новизна исследования, теоретическая и научно-практическая значимость исследования, положение выносимые на защиту, степень достоверности результатов, соответствия диссертации паспорту научной специальности и личный вклад автора в исследуемую проблему).

Первая глава диссертации посвящена результатам анализа современного состояния водных ресурсов Таджикистана и зоны их формирования; перспективам развития строительства гидротехнических и гидроэнергетических объектов в Таджикистане; выбора комплекса сооружений Рогунской ГЭС в качестве объекта исследования, с учетом инженерно-геологических особенностей зоны строительства; компоновки основных сооружений и особенностям строительства Рогунской ГЭС на едином тектоническом блоке ограниченными Ионахшским и Гулизинданскими разломами; планового расположения солевого пласта, солевой штольни и пьезометрической наблюдательной сети за гидрогеохимическим фильтрационным режимом; литературного обзора создания высокоплотной противофильтрационной завесы в основании ядро плотины; литературного обзора особенностей формирования и вертикальной зональности подземных минерализованных вод.

Вторая глава диссертации посвящена принципиальным организационным вопросам создания системы мониторинга в основании высоконапорных плотин на примере Рогунской ГЭС; использованию

стандартных методов и промышленной аппаратуры по исследованию степени минерализации подземных вод и разработки современных средств измерения; исследованиям сезонного изменения распределения температуры в пьезометрической сети Рогунской ГЭС; научно-практическому применению, разработанного автором кондуктометра NELT, для исследования гидрогеохимического режима вокруг солевого пласта; практической возможностью применения однокомпонентного зонда (скважинное прижимное устройства сейсмических датчиков), разработанного автором для выполнения сейсмокаротажных исследований скважин.

Автор обоснованно утверждает, что аварии характерные для высоконапорных плотин, могут привести к возникновению чрезвычайной ситуаций, для которых устанавливаются критерии безопасности, на стадии проектирования, к которым отнесены: механическая прочность и устойчивость основания и бортов, фильтрационная (суффозионная) прочность основания тела плотины, фильтрационный режим в основании плотины и т. д.

На основании проведенных исследований в основании будущей плотины Рогунской ГЭС, соискателем осуществлена оценка изменения гидрогеохимической обстановки во времени и пространстве, а также особенность взаимодействия фильтрационного потока с подземными минерализованными водами, соленосными породами, позволившие автору предложить автоматизированную систему мониторинга защиты основания плотины. Учитывая инженерно-геологические особенности (гидрогеохимические условия вокруг солевого пласта, физико-механические и фильтрационные характеристики вмещающих пород, отжатие, перенос солевой составляющей и переотложение минерализованных вод фильтрационными потоками пресных вод) в створе Рогунской ГЭС, соискателем предлагается схема размещения кондуктометрических измерений за пластом соли из солевой штольни.

Соискатель освещает возможности применения разработанного им кондуктометра NELT, с рекомендациями схем установки кондуктометрических измерителей за пластом солевого пласта для контроля изменения гидрогеохимического режима.

Третья глава диссертации, посвящена выбору метода оптимизации поиска минимума и максимума функции распределения температуры в земной коре и алгоритма его реализации; анализу и оценке минимального и максимального диапазона изменения температуры в основании плотины первой очереди Рогунской ГЭС по пьезометрической сети; расчёту степени точности, базы измерения и конструктивным особенностям и требованиям к разработке тепломера тепловых потоков; теоретическим и практическим обоснованиям разработки специального двухканального высокоточного термометра-тепломера для исследования определение путей сосредоточенной фильтрации в основании высоконапорной плотины. Автором приведены технические и метрологические характеристики,

принцип работы, конструкция зонда, область применения специального тепломера.

Соискатель в своих исследованиях использует геотермический метод исследования изменения распределения температуры в основании высоконапорной плотины. Несмотря на свою относительную простоту, температурные исследования позволяют быстро решать ряд важных инженерно-геологических задач: определение величины естественных температур на разных глубинах, диапазон изменения температуры и глубина проникновения температурных воздействий от солнечного излучения в земной коре в течение годового цикла; проведение фильтрационного контроля в основании и примыканиях плотин; уточнение модели водопроницаемости массива пород на участке солевого пласта (изучение фильтрационной неоднородности и анизотропности, определение типа движения подземных вод, изучение динамики фильтрационного потока); изучение влияния техногенных воздействий на изменение водопроницаемости горного массива (режимные наблюдения за динамикой фильтрационного потока, за температурой, изучение суффозионных явлений); определения изменения направления теплового потока.

Соискателем для разработки специального тепломера и разработки требований обработаны данные температурных измерений, проведённых на участке солевой завесы основания плотины Рогунской ГЭС в 1990-91 гг. с реализацией дополнительных исследований в 2011 году, позволившие реализовать цель определения диапазона изменения температуры (минимальные и максимальные значения температуры), точности измерения и база измерения.

Также в этой главе для решения задач поиска минимума и максимума функции распределения температуры обоснованно выбран метод оптимального поиска в нестационарных температурных условиях.

Важно отметить, что разработанный автором специальный тепломер уникален и создан на основе современного уровня развития микропроцессорной техники, может работать не только в индивидуальном исполнении, а также в составе автоматизированных систем управления и обработки информации.

Четвертая глава диссертации посвящена результатам научно-практического применения кондуктометрического исследования степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС во времени и пространстве, математическому моделированию трансформаторного кондуктометра, разработке современного экспресс метода и совершенствования кондуктометрического измерителя и её конструктивной части и физическим макетированием электронных компонент.

Соискатель для подготовки требований к разработке зонд-кондуктометра реализовал исследования с анализом временных изменений степени минерализации подземных вод в районе левобережной части солевого пласта Рогунской ГЭС в существующей пьезометрической сети.

Несмотря на вариации абсолютных значений, автором установлено, что характер изменения минерализации с глубиной в целом сохраняется с начала и до конца исследований.

Следует отметить, что соискатель создал современный бесконтактный кондуктометр «Кальмар» для измерения температуры, электропроводности и концентрации солевых растворов. При этом, положительным эффектом является то, что отсутствие взаимодействия материала измерительного электрода с анализируемой средой бесконтактные методы дают возможность проведения измерения при низких и высоких температурах, в нестабильных анализируемых средах, в замкнутых объёмах и т.п.

Кондуктометр «Кальмар», разработанный соискателем, отличается:

- малым габаритом зонда и длинным соединительным кабелем кондуктометра, позволяющим использовать его для исследования состава воды в узких и глубоких скважинах;

- для подсчета концентрации электролитов использовать трехмерную аналитическую 32-битную модель, которая в отличие от обычного табличного метода EEPROM позволяет увеличить точность в широком диапазоне измерений;

- возможностью автоматизированной калибровки, без применения сложного оборудования, позволяющей специалисту самостоятельно сформировать новую математическую модель для расчета концентрации произвольных электролитов.

Разработанный автором кондуктометр «Кальмар» является уникальным прибором, разработанным и созданным на основе современного уровня развития микропроцессорной техники, позволяющий применять его не только в индивидуальном порядке, но также, в составе автоматизированных систем управления и обработки информации.

В пятой главы диссертации соискатель с целью развития теории фильтрации в основании высоконапорной плотины изучает тепловое поле в земной коре на предмет внешнего воздействия (влияния солнечного излучения и фильтрующейся воды) на однородное тепловое поле основания плотины. В результате исследования было выявлено, что в качестве внешнего воздействия, влияющего на однородное тепловое поле в основании плотины, выступает фильтрующаяся вода из водохранилища, а влияние солнечного излучения ограничено.

Соискателем в своих исследованиях использовались геотермические методы. Геотермические исследования геологической среды, как обычно, используются при решении различных инженерно-геологических, гидрогеологических, гидротехнических и геоэкологических задач. Следует отметить, что объектом исследования, при этом, являлись естественные тепловые поля, а также поля, создаваемые различными искусственными источниками (например, термополя, образующиеся в результате фильтрации воды из водохранилища).

Важно отметить, соискателем, исследуя сезонное изменение распределение температуры в основании плотины Рогунской ГЭС, выявлено

неизвестное ранее физическое явление, заключающееся в том, что земная кора при взаимодействии двух встречных тепловых потоков (тепловые потоки, появляющиеся в результате солнечного излучения в приповерхностной части земной коры и тепловой поток, идущей из недр земли), разделяется на две части: зоны аккумуляции солнечной энергии и зоны аккумуляции энергии идущий из недр Земли. Нейтральную поверхность, появляющуюся между этими двумя зонами, соискатель называет геотепловой завесой. Автор утверждает, что тепловой поток ниже геотепловой завесы является стационарным и эта позволяет разработать метод определения коэффициента фильтрации и контроля путей сосредоточенной фильтрации на основании теории тепломассопереноса с повышенной точностью.

Данная глава также охватывает результаты, полученные автором, по изменению температуры, связанные с процессами теплопереноса в основании строящейся плотины Рогунской ГЭС, по пьезометрическим скважинам, расположенным на левобережной части реки Вахш. Установлено, что изменения температуры воды происходит в результате процессов конвективного теплопереноса, а теплоперенос в этом случае происходит за счёт фильтрующих свойств породы, по которой движется вода вследствие гидростатического давления.

На основании проведённых исследований и полученных результатов соискателем разработан интеллектуальный метод определения коэффициента фильтрации и обнаружения путей сосредоточенной фильтрации в основании плотины. Суть метода заключается в том, что в наблюдательном створе в скважинах устанавливаются в вертикальную плоскость термокоса, состоящая из 10 датчиков с шагом 10 метров. При образовании пути фильтрации происходит теплоперенос из окружающей среды (понижается температуры до температуры теплоносителя). Изменения температуры регистрируются датчиками температуры, смонтированными в термокосу, и по значениям 10 датчиков температуры выводится эмпирическое уравнение. Изменение наклона графика температуры свидетельствует о формировании фильтрационных процессов. В случае появления путей сосредоточенной фильтрации в основании плотины, теплоперенос ускоряется и область, в которой температура понижается до температуры теплоносителя, заметно увеличивается.

Автор в этой главе приводит формулу определения коэффициента фильтрации и алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения и его использования вследствие усиления фильтрации, приводящей к расширению зоны понижения температуры.

Другим значимым результатом соискателя является выявление природы существования границы между менее и сильноминерализованными водами вокруг солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС, долгие годы считавшейся аномальным явлением. Результаты исследований позволили соискателю установить ранее неизвестное физическое явление - появление гидронапорно-осмотической завесы между менее и

сильноминерализованными водами, возникающей в результате достижения равновесного состояния между осмотическим и гидростатическим давлениями, ведущей к появлению процесса, когда в обоих направлениях прекращается массоперенос молекулы воды.

В шестой главе диссертации изложены: анализ и оценки надёжности и эффективности защиты солевого пласта Рогунской ГЭС на примере специальной временной солевой завесы построенное на левобережной части основании перемычки; научно-практические основы применения противосульфидных мероприятий по защите оголовка солевого пласта от растворения; рекомендации по применению дренажных устройств для управляемого перехвата правобережных и левобережных обходных фильтрационных потоков; практические основы геофизических исследований для оценки качества цементации вмещающего массива горных пород в опытных участках трансформаторного помещения Рогунской ГЭС и выработки рекомендаций по уплотнению тела противофильтрационных завес в основании высоконапорных плотин.

В этой главе также изложен принцип работы временной солевой завесы, построенной в левобережной части основании верховой строительной перемычки и системы пьезометрического контроля за изменением уровня минерализации по обеим сторонам солевого пласта. В частности, для наблюдения за работой временной солевой завесы предусмотрено 12 наблюдательных створов с размещением в них по обеим сторонам пласта соли пьезометрических скважин. Подача насыщенного солевого рассола к скважинам намечалась, как и для основного комплекса защиты от специального узла приготовления на берегу сая Пассимурахо, с устройством временного узла распределения на створном участке.

Оценка эффективности комплекса солезакщитных мероприятий проводилась на основе анализа данных натуральных наблюдений за уровнем и минерализацией грунтовых вод в зоне работы солевого экрана, а также анализа результатов натуральных наблюдений за изменением поглощающей способности рассолоподающих скважин солевого экрана.

Анализ и оценка эксплуатации временной солевой завесы позволили соискателю прийти к следующим выводам: магистральный трубопровод подачи солевого раствора при реализации постоянного проекта находится под давлением с свыше 30 атмосфер, эксплуатация которого очень опасна для жизни технического персонала; под действием гидростатического давления происходит опреснение насыщенного рассола, приводящего к осаждению соли в трубопроводах, рассолоподающих трубках и фильтрах, в результате которого нарушается режим стабильной подачи рассола с ежесуточным расходом соли в объёме 4,5 тонны; перебой в системе подачи рассола, который может привести к понижению уровня минерализованных вод в зоне оголовка солевого пласта.

С учетом полученных результатов и сделанных выводов соискателем в рамках реализации цели и задач диссертационной работы разработан и предложен вариант управления гидрогеохимическим режимом за счет

создания системы защиты солевого пласта на основе установленного физического явления опреснения и отжатия минерализованных вод под действием изменения гидростатического давления на оголовке солевого пласта. Предложенное устройство создаёт градиент давления между противofильтрационной завесой и оголовком солевого пласта, в результате которого обеспечивается опреснение минерализованных вод в районе противofильтрационной завесы и отжатие минерализованных вод по обеим сторонам солевого пласта в виде полосы минерализованных вод на всю длину защищаемого участка.

Таким образом, предложенный способ и устройство создают нормальный гидрогеохимический режим, защищающий солевой пласт от проникновения пресной воды.

Следует отметить, что характерной особенностью разлома №35 является наличие зон дробления в виде вытянутых вдоль их плоскостей тектонических линз, в пределах которых породы сильно дислоцированы и ослаблены в куске. Мощность брекчии трения в разломе № 35 достигает 20 см, водопроницаемость пород тектонического разлома составляет 0,002 л/мин. В связи с тем, что разлом №35 в основании плотины проходит по обеим бортам вблизи задней грани ядра плотины и является относительным водоупором, то фильтрационные потоки, под давлением, сосредотачиваются в стороне зоны примыкания плотины к бортам.

С целью недопущения сосредоточения обходных фильтрационных вод в сторону плотины, соискателем предложена система управляемого перехвата обходных фильтрационных потоков дренажными устройствами требуемого объёма.

С целью выработки рекомендации по уплотнению тела противofильтрационной завесы в основании ядра высоконапорной плотины, были исследованы технологии укрепительной цементации песчаных горных пород в опытном участке в стене трансформаторного помещения Рогунской ГЭС, сейсмоакустическим методом каротажа скважин и ультразвуковым методом исследование образцов.

Результаты исследования показали ухудшение плотности пород с первоначальными скоростями продольных волн выше 3500м/с. Соискателем установлено, что закачка цементного раствора под большим давлением приводит к расслоению цементного раствора, где цемент застревает на входе мелких трещин, а вода, заходя в мелкие трещины, приводит к расширению трещин, производя эффект гидрорыва.

Исходя из полученных результатов, соискателем предлагается, для уплотнения тела противofильтрационной завесы в сохранных породах, использовать химические гелеобразующие растворы, не подающиеся к расслоению при высоких давлениях.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что диссертационные исследования Давлатшоева Саломата Каноатшоевича на тему «Развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в основаниях высоконапорных плотин», представляет собой завершённую научно-

исследовательскую работу, рассматривающую актуальную тему, и соответствующую требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан.

Научная квалификация соискателя Давлатшоева Саломата Каноатшоевича соответствует представленной научной специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство).

Диссертационное исследование соискателя развивает теорию и методы управления фильтрационным режимом в основаниях высоконапорных плотин, обосновано востребованностью реализацией исследований процесса формирования фильтрационных потоков в основании подобных плотин вообще и в основании плотины Рогунской ГЭС в частности, основано на фундаментальных исследованиях влияния действующего гидростатического напора верхнего бьефа на гидрогеохимический, геотермический и фильтрационные режимы вокруг солевого пласта и взаимодействия фильтрационных вод из водохранилища с подземными водами и соленосными породами основания на основе современных технологий, техническими средствами и методами ведения научно-практических исследований в области безопасности гидротехнических сооружений.

Полученные значимые фундаментальные научные результаты и новые знания:

- впервые создан метод определения коэффициента фильтрации и путей сосредоточенной фильтрации в основании высоконапорных плотин с применением теории тепломассопереноса;

- впервые установлено неизвестное ранее физическое явление - появление геотепловой завесы, разделяющей земную кору на зону аккумуляции солнечной энергии (приповерхностной части земной коры), утоньшение которой приводит к аномальному прогреву приповерхностной части земной коры;

- впервые разработаны метод и система двухуровневого контроля изменения теплового режима;

- получены результаты исследования аномального распределения солевого облака, граница между менее и сильноминерализованными подземными водами вокруг солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС;

- установлено неизвестное ранее физическое явление опреснения минерализованные воды при повышении гидростатического давления.

Диссертационная работа Давлатшоева С.К. отвечает всем требованиям, предъявляемым к внутреннему единству научной работы.

Содержание диссертации полностью соответствует ее теме.

Теоретические и практические пути решения поставленных задач исследования представляет диссертационную работу как единый, целостный и логически последовательно изложенный научный труд.

Наряду с достоинствами по диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. В разделе «Научная новизна исследования» указывается что, «Впервые создана математическая модель...» (в п.2), «Впервые разработана математическая модель...» (в п.3) и «Впервые, на основе... разработан метод...» (в п.5), однако не полностью определена конкретная новизна данных утверждений, тем более, что название диссертации звучит как «Развитие теории и методов...». При представлении работы соискателю следует более полно раскрыть сущность данных положений.

2. В главе 1 (параграф 1.3.3) приводится оценка состояния солевого пласта. Следует разъяснить процесс диапира солевого пласта.

3. В главе 3 в формуле 3.10 геотермический градиент возводится в квадрат. В связи с этим, функция температуры может принимать степенной характер. В диссертации отсутствуют пояснения о преобразовании функция температуры в степенную.

4. В таблице 4.7 (глава 4, стр. 153) приведены технические характеристики кондуктометра «Кальмар» с длиной кабеля 200 метров. К сожалению, в диссертации отсутствуют результаты исследований степени затухания сигнала при такой длине.

5. Следует обосновать тезис, представленный в главе 5 стр. 172, о связи изменения климата с нарушения режима теплообмена между всеми природными системами

6. В каких местах (рисунок 5.3.) можно установить двухуровневую систему наблюдения за изменением распределения температуры в земной коре (глава 5, стр. 178)?

7. На рисунке 5.7 (глава 5, стр. 186) приведён график регионального многолетнего распределения температуры по глубине земной коры Таджикистана, но диссертант не обосновывает возможное расположение средней глубины геотепловой завесы.

8. В тексте диссертации имеются некоторые грамматические ошибки.

Отмеченные недостатки не снижают общий научный уровень выполненного диссертационного исследования.

Заключение по диссертации. В общем, диссертация Давлатшоева Саломата Каноатшоевича на тему: *«Развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в основаниях высоконапорных плотин»*, представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство), выполнена на необходимом научном и методическом уровне.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, а ее автор - Давлатшоев Саломат Каноатшоевич - достоин присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство).

Отзыв подготовлен в соответствии с пунктами 76-79 и 81 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённых постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, № 267.

Отзыв обсуждён на заседании лаборатории «Сейсмостойкость зданий и сооружений» Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана (протокол заседания от «01» июня 2026 года, № 6).

На заседании присутствовало 15 человек.

Результаты голосования: за 15 человек, против – нет, воздержавшиеся – нет.

Председательствующий:

Старший научный сотрудник,
лаборатории «Сейсмостойкость
зданий и сооружений» ИГССС НАНТ
кандидат технических наук

Рахманов А.А.

Эксперт:

Заведующий лабораторией
«Сейсмостойкость зданий и
сооружений» ИГССС НАНТ,
член-корреспондент НАНТ,
доктор технических наук,
профессор

Низомов Д.Н.

Секретарь заседания:

младший научный сотрудник



Музофиров Ч.

Подписи Рахманова А.А., Низомова Д.Н. и Музофирова Ч. подтверждаю.

Начальник ОК и делопроизводства
ИГССС НАНТ

Кароматуллоев Ю.

Адрес: 734063, Республика Таджикистан,
город Душанбе, улица Айни 267
Тел.: (+992)_37 225-77-69
E-mail: igees_asrt@mail.ru; igees.tj

«01» июня 2026 г.