

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

УДК: 626/627+629.039.58(575.3)

На правах рукописи



ДАВЛАТШОЕВ Саломат Каноатшоевич

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ
ФИЛЬТРАЦИОННЫМ РЕЖИМОМ В ОСНОВАНИЯХ
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ПЛОТИН**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство,
архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство)

Душанбе – 2026

Работа выполнена в лаборатории «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

Научный консультант: **Фазылов Али Рахматджанович**
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

Официальные оппоненты: **Волосухин Виктор Алексеевич**
доктор технических наук, профессор, академик Российской академии естественных наук, Заслуженный деятель науки РФ, эксперт Российской академии наук, профессор кафедры гидротехнического строительства Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ, директор Института безопасности гидротехнических сооружений

Бакиев Машариф Рузметович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидротехнические сооружения и инженерные конструкции» Национального исследовательского университета Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИИМСХ)

Муртазаев Уктам Исматович
доктор географических наук, профессор, профессор кафедры «Физическая география» Таджикского государственного педагогического университета имени С.Айни

Ведущая организация: Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана

Защита состоится 25 июня 2026 года, в 9⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-059 при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734025, г. Душанбе, ул. Бофанада 5/2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана и на сайте www.imoge.tj

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

 **Шаймуратов Ф.И.**

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Гидроэнергетика является одним из основных секторов экономики способствующая устойчивому развитию Таджикистана. Создание комплекса гидротехнических сооружений гидроэнергетического назначения, позволяющий посредством возведения водоподпорных сооружений (плотин) и создания 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 противофильтрационных 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 частности высоконапорных плотин возведенных на растворимых породах.

Реализация обеспечения безопасности плотины, основания которых располагаются на растворимых породах, должно сопровождаться фундаментальными исследованиями, разработкой и применением надёжных методов ведения мониторинга, позволяющие своевременно оценить эффективность противофильтрационных и противосуффозионных мероприятий обеспечивающих сохранность солевого пласта; выработкой основного критериального показателя системы мониторинга оценки эффективности работы данных устройств и мероприятий по обеспечению безопасности основания плотины, с учетом изменения гидрогеохимической обстановки, после наполнения водохранилища и в процессе ее эксплуатации.

В связи с этим, реализация комплекса научных и практических исследований по управлению гидрогеохимическим, геотермическим и фильтрационными режимами режимами в растворимых основаниях высоконапорных плотин, обеспечивающих безопасность гидротехнических сооружений и гидроэкологическую безопасность в целом, является актуальной задачей развития нового направления в области наук о Земле.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. Проблемам защиты основания плотин на растворимых породах от выщелачивания и суффозии при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений достигаемые созданием высокоплотных противофильтрационных завес, анализу и оценке а также расчёту их параметров связанных с инженерно – геологическими условиями посвящены труды С.Д. Воронкевича [1], А.Н. Адамовича [2], Л.И. Малышева [3], Г.В. Зернова [4], В.П. Недриги [5], И.А. Парабучева [6], Л.А. Молокова [7], Н.Г. Трупака [8], Б.А. Ржаницина [9], В.И. Сергеева [10], В.Е. Соколовича [11], А. Холсби [12], К. Карона [13], А. Камбефора [14], а также других исследователей.

Академик В.П. Вернадский [15] создавший фундаментальный труд в области теоретических проблем гидрогеохимии, основоположником которой он является, осуществил систематизацию подземных вод по химическим свойствам и составам, выявил особенности их развития и выявил гидрогеохимические закономерности. Существенный вклад в развитии научных знаний в области гидрогеохимических исследований внесли ученые О. А. Алекин [16], М. Е. Альтовский [17], М. Г. Валяшко [18], А. П. Виноградов [19], В. П. Зверев [20], С. Р. Крайнов [21], А. М. Овчинников [22], К. Е. Питьева [23], В. С. Самарин [24], В. М. Швец [25], Г. А. Максимович [26] и др.

Существенный вклад в развитие теории фильтрационных процессов в основании и теле плотины и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений внесли учёные В.С. Рассказов, Н.А. Анискин, В.А. Волосухин, Д.В. Козлов, Г.В. Орехов, А.С. Бестужева, М.П. Саинов, В.В. Малаханов, М.Р. Бакиев и др.

Проблемам геодинамических исследований и повышения безопасности гидротехнических сооружений в Таджикистане посвящены труды таджикских учёных и исследователей - М.С. Саидова, М. Таджибекова, С.Х. Негматуллаева, Х.О. Арифова, А.Р. Фазылова, П.А. Ясунова и др.

Несмотря на то, что исследования в области развития теории и методов управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин в процессе проектирования, строительства и эксплуатации проводились и проводятся, современная действительность требует дальнейшего изучения проблем связанные с развитием теории сосредоточенной фильтрации в основании плотины; установления степени опреснения подземных минерализованных вод под действием гидростатического давления; разработки управляемых противосуффозионных устройств для защиты солевого пласта, оптимальной технологии уплотнительной цементации тела противофильтрационной завесы, соответствующих современных методов и технических средств исследований и др.

Связь исследования с программами (проектами), научной тематикой. Диссертационная работа выполнялась с учетом положений «Стратегии Республики Таджикистан в области науки, технологий и инноваций на период до 2030 года» (от 30 июня 2021 года, №263), «Программы возобновляемых источников энергии на 2023-2027 гг.» (от 1 марта 2023 года, №51), «Закон Республики Таджикистан «О безопасности гидротехнических сооружений» (от 29 декабря 2010 года, №666), темы НИР «Стратегия развития и оптимизация баланса энергоресурсов. Гидро-угольный сценарий развития энергетики Таджикистана» (срок исполнения: 2020-2024 гг.) и реализации проекта Рогунской ГЭС.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследований - Развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин.

Для достижения названной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить существующие литературные источники, фондовые и архивные материалы; базу данных режимных наблюдений, а также сформировавшийся гидрогеохимический и другие режимы в основании плотины; геологическое строение, тектоническую особенность и характеристику пород района строительства высоконапорной плотины Рогунской ГЭС. **Осуществить анализ и оценку современного состояния теории и методов исследований и управления гидрогеохимическим режимом в основании высоконапорных плотин на растворимых породах.**

2. Развить теорию и методов управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин. Сформулировать концептуальные основы совершенствования методов ведения мониторинга, с разработкой **критериального показателя для оперативной оценки эффективности противофильтрационных и противосуффозионных мероприятий** и формирования мероприятий по обеспечению безопасности основания плотины.

3. Разработать высокочувствительный **двухканальный геотермометр-тепломер** с высокой точностью и создать математическую модель оптимального поиска путей сосредоточенной фильтрации.

4. Разработать **математический модель трансформаторного кондуктометра**, метод и аппаратура для оперативного измерения удельной электропроводности подземных минерализованных вод в широком диапазоне концентрации водных растворов.

5. На основе теории тепломассопереноса, разработать метод определения коэффициента фильтрации в основании плотины, с учетом изменения теплового поля основания плотины.

6. Исследовать аномальное распределение солевого облака вокруг солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС; физическую природу существования границы резкого перехода значения минерализации между менее и сильноминерализованными подземными водами на коротком расстоянии; изменение его гидрогеохимического режима при повышении гидростатического давления и разработать управляемые противосуффозионные устройства по защите солевого пласта в основании плотины.

Объект исследования: основание высоконапорной плотины на растворимых породах и происходящие в нем геотермические и гидрогеохимические процессы.

Предмет исследования: влияние изменения гидростатического давления на аномальные изменения геотермического и гидрогеохимического режима в основании высоконапорной плотины на растворимых порода.

Методы исследований: теоретические, экспериментальные и лабораторные исследования, с применением действующих стандартных разработанных и рекомендуемых методик; методы отбора проб из скважины для последующего химического анализа; геофизические каротажные методы: термометрия, кондуктометрия, сейсмоакустические и аппаратуры разработанной автором; теплофизические методы тепломассопереноса; методы математического анализа. В исследованиях использованы традиционные методы математической статистики, математического моделирования функционирования отдельных элементов, математический метод наименьших квадратов, а также различные программные обеспечения. Натурные исследования проведены на основе существующих методов организации и проведения изысканий.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Получили дальнейшее развитие теория и методы управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин. Сформулированы концептуальные основы совершенствования методов ведения системы мониторинга, с разработкой критериального показателя для оперативной оценки эффективности противofiltrационных 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.

Теоретическая и научно-практическая значимость исследования заключается в:

- разработке высокочувствительного двухканального геотермометр-тепломера с точностью $0,001^{\circ}\text{C}$, рекомендуемый 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, рекомендуемый 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 - возникновение геотепловой завесы и изменения расположения геотепловой завесы по вертикали, рекомендуемый 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 рекомендуемые 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 минерализованны вод к солевому пласту, защищающие пласт соли от растворения пресными водами.

Результаты исследований применяются в проектной и эксплуатационной практике соответствующих подразделений Министерства энергетики и водных ресурсов РТ, Агентства мелиорации и ирригации при Правительстве РТ, при чтении лекций и на практических занятиях, а также при проведении лабораторных работ для студентов по специальным курсам: «Гидротехнические сооружения», «Гидротехническое строительство», «Гидрология», «Комплексное использование и охрана водных ресурсов», а также по специальности «Управление водными ресурсами», и рекомендуются при чтении лекций и на практических занятиях, для студентов соответствующих специальностей обучающихся в высших учебных заведениях, а также при подготовке и переподготовке специалистов работающих в области эксплуатации гидротехнических сооружений.

Положение выносимые на защиту:

1. Концептуальные основы совершенствования методов ведения мониторинга, с разработкой критериального показателя для оперативной оценки эффективности противочрезвычайных и противосуффозионных мероприятий и формирования

технических и технологических мер по обеспечению безопасности основания плотины. Развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин.

2. Математическая модель оптимального поиска путей сосредоточенной фильтрации. Конструкция высокочувствительного двухканального геотермометр-тепломера с высокой точностью.

3. Математическая модель трансформаторного кондуктометра, метод и аппаратура для измерения удельной электропроводности подземных минерализованных вод в широком диапазоне концентрации водных растворов.

4. Метод определения коэффициента фильтрации и пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины с применением теории тепломассопереноса.

5. Экспериментально установленное ранее неизвестное физическое явление - возникновение геотепловой завесы и изменения расположения геотепловой завесы по вертикали для исследуемого объекта.

6. Результаты исследований изменения гидрогеохимического режима вокруг солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС, позволившие установить ранее неизвестное физическое явление - возникновение гидронапорно-осмотической завесы между менее и сильноминерализованными подземными водами, связанное с повышением гидростатического давления и разработанное управляемое противосуффозионное устройство по защите оголовка солевого пласта в основании плотины.

Степень достоверности результатов. 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.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует формуле специальности - 05.23.07 - «Гидротехническое строительство» по следующим положениям:

- п. 1 «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;

- п.9 «Разработка методов оценки влияния гидротехнического строительства на прилегающие территории, создание новых методов расчётов и проектирования сооружений инженерной защиты»;

- п. 11 «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».

Личный вклад соискателя учёной степени в исследования. 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), зам. главного инженера, главного инженера и директора дирекции строящейся Рогунской ГЭС (1993-2003), зам. генерального директора АООТ «Гидроспецстрой» (2004-2007), начальник отдела рабочего проектирования (ОРИ), начальника отдела «Геофизических исследований и натурного наблюдения» ОАО «Рогунской ГЭС» (2008-2011) и директора ООО «Гидроспецпроект» (2012-2019), а в последствие 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.

Апробация и реализация результатов диссертации. Основные результаты диссертации были доложены и обсуждены на международных и республиканских научно-практических конференциях (НПК): X Межд. теплофизической школы «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий», 2016, Душанбе-Тамбов, Респ. н.-практ. конф. «Современные проблемы естественных наук», Душанбе, 2017, межд. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах», Махачкала, 2017, XXVIII межд. н.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь», Химки, 2018, межд. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы развития современной науки, техники и технологий», Самара, 2018, IX межд. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», Кокшетау, 2018, IX всеросс. науч.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы», Воронеж, 2018, VII межд. науч.-практ. конф. «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны», Кокшетау, 2019, межд. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах», Махачкала, 2019, XXIX межд. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь», Химки, 2019, XIII межд. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 2018, VIII всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы», Рубцовск, 2018, межд. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах», Махачкала, 2019, V межд. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ», Санкт-Петербург, 2019, XIV межд.

молодёжная науч. конф. «Тинчуринские чтения», Казань, 2019, Респуб. науч.-практ. конф. «Энергетика: состояние и перспективы развития», Душанбе, 2020, IV всерос. науч.-практ. семинар «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства», Москва, 2021, V межд. науч. конф. «Вопросы физической координационной химии», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х.М. и Юсуфова З.Н., Душанбе, 2021, 12 межд. теплофиз. школы «Теплофизика и информационные технологии», Тамбов, 2022, Респуб. науч.-практ. конф. «Водохозяйственный комплекс: проблемы и пути их решения», Душанбе, 2022, 13 межд. теплофиз. школы «Теплофизика и информационные технологии», Душанбе-Тамбов, 2022, V всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства», Москва, 2022, VI всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства», Москва, 2023, а также в научных семинарах кафедры «Теплотехника и теплотехнические оборудования» Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, Душанбе, 2007-2023 гг. и в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ, Душанбе, 2020-2023 гг.

Реализация исследования. Изготовленные, в производственных условиях, зонды-кондуктометры «NELT», «Кальмар» и геотермометр-тепломер совместно с ООО «NELT» эксплуатировались с 2012 года по 2018 год для мониторинга гидрогеохимического режима в пьезометрической сети основания плотины Рогунской ГЭС (справка прилагается); результаты исследований гидрогеохимической особенностей основания плотины способствовали принятию адекватных технических решений по проектированию мероприятий защиты солевого пласта от размыва; разработанная, изготовленная и принятая в эксплуатацию прижимное устройства для сейсмических датчиков (признанное изобретением) применяется для оценки качества цементационных работ горных массивов.

Все эти разработки были испытаны в производственно-эксплуатационных условиях, разработки основания плотины Рогунской ГЭС.

Внедрение результатов исследования. Изготовленные зонды-кондуктометры «NELT», «Кальмар» и геотермометр внедрены в эксплуатацию с 2012 года для мониторинга гидрогеохимических и геотермических режимов в пьезометрической сети основания плотины Рогунской ГЭС. Кондуктометры и геотермометр эксплуатировался ООО «Гидроспецпроект» (акт внедрения прилагается). Разработанная математическая модель кондуктометра внедрена в учебный процесс при проведении лабораторных занятий на кафедре «Общей физики» Таджикского Государственного педагогического университета имени Садриддина Айни (соответствующий акт прилагается). Результаты исследований и разработок защищены Малыми патентами РТ и Евразийской патентной организации (прилагаются).

Публикации по теме диссертации. 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.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, сформулированы основные защищаемые положения, научная новизна и прикладное значение полученных результатов, приводится общая характеристика и структура работы, краткое содержание диссертации, а также сведения по ее апробации и о личном вкладе автора в исследуемую проблему.

В первой главе диссертации представлены результаты анализа водно-ресурсного потенциала и особенности гидротехнического строительства в Таджикистане; обоснования выбора объекта исследований; данных по анализу и оценке геологического строения района строительства плотины Рогунской ГЭС; особенностей тектонических характеристик зоны объекта исследования; оценки состояния солевого пласта основания плотины; обзора, анализа и оценки противодиффузионных завес и особенностей формирования подземных вод в зоне объекта исследований.

Водные ресурсы играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого развития Таджикистана. Вода в настоящее время служит основным источником энергии в стране – более 95% электроэнергии в стране вырабатывается на гидроэлектростанциях.

Строительство гидротехнических и гидроэнергетических объектов в Таджикистане, как основа топливно-энергетического комплекса (ТЭК) было обусловлено природно-географическими факторами, обусловленное тем, что свыше 50 % гидроресурсов Центральной Азии сосредоточено в Таджикистане.

Общая величина потенциальных запасов гидроэнергоресурсов Таджикистана составляет 527,06 млрд. кВт/ч в год, из которых используется только 4-5%.

В настоящее время наиболее значительным событием для гидроэнергетического строительства Таджикистана является строительство Рогунской ГЭС, на реке Вахш. Проектом предусматривается установка шести гидроагрегатов общей мощностью 3600 МВт со среднегодовой выработкой 13,8 млрд кВт·ч.

Освоение гидроэнергетического потенциала в бассейне реки Вахш посредством завершения строительства Рогунской ГЭС и его водохранилища может полностью покрыть возрастающие внутренние потребности в электроэнергии и обеспечить увеличение её экспорта в зарубежные страны (Национальная водная стратегия Республики Таджикистан до 2040г.).

Состав сооружений Рогунской ГЭС включает (рисунок 1): каменно-набросную плотину с противодиффузионным ядром из суглинка высотой 335 м и объемом 73,6 млн м³; 7 строительных и эксплуатационных водосбросных туннельных сооружений диаметрами от 10 до 15 м, общей пропускной способностью 8220 м³/сек; многоуровневый 5-ярусный глубокий водоприемник с проектным напором на аварийно-ремонтных затворах в 140 м; 6 подводных турбинных водоводов с металлической облицовкой диаметром 7,5-7,0 м с напорной шахтой высотой 212 м и горизонтальным участком 356 м; подземное здание ГЭС; подземное помещение трансформаторов; селезащитный комплекс в основании плотины; кабельные, транспортные туннели и подходные штольни общей длиной около 75 км.

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 во время строительства и эксплуатационные периоды с применением современных методов и аппаратур, а также к разработке современных систем инженерных мероприятий по защите основания плотины от разрушения, является архиважной задачей.

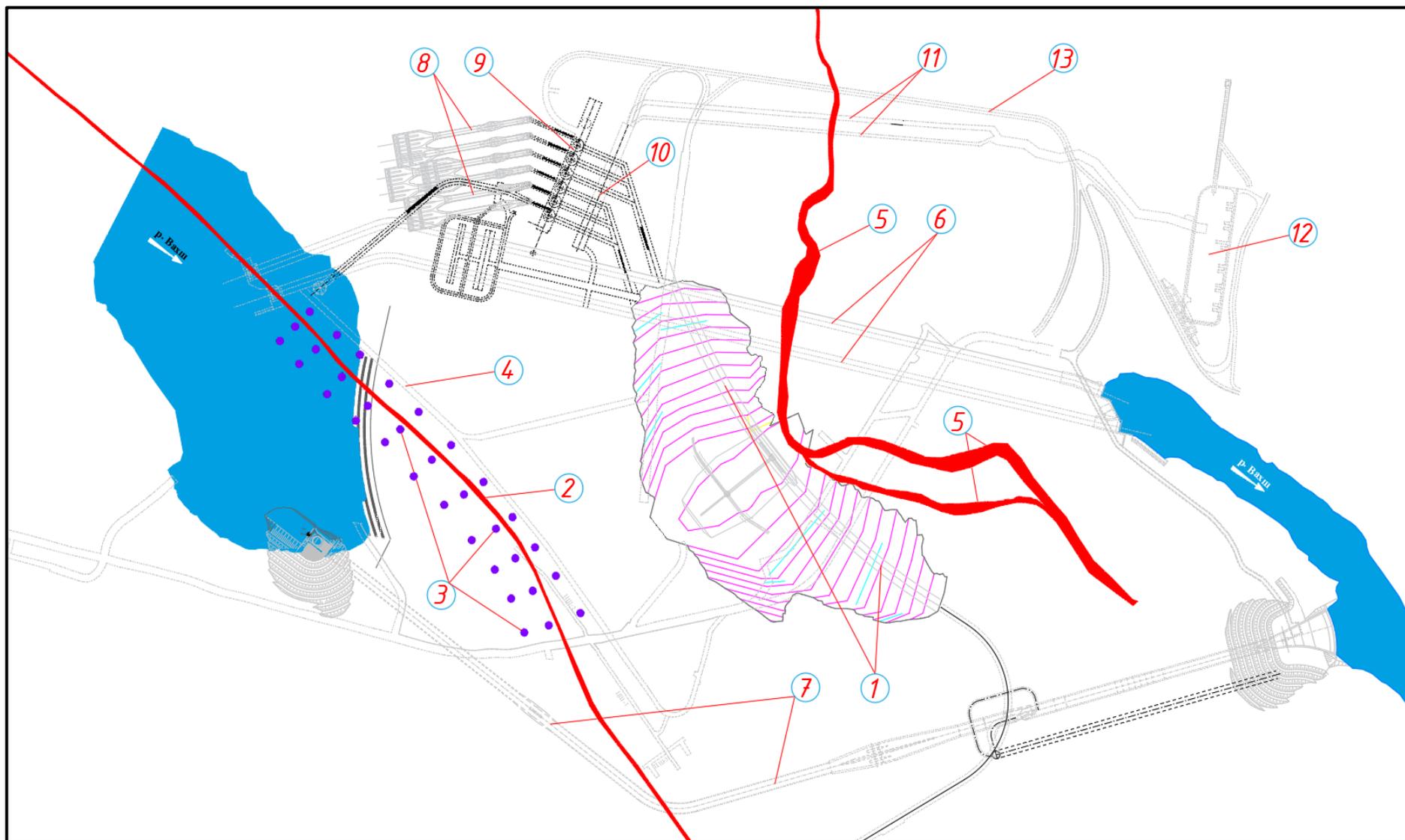


Рисунок 1. - Схема створа плотины Рогунской ГЭС: 1-створ (ось ядра) плотины, 2-Ионахшский разлом (солевой пласт), 3- пьезометрическая наблюдательная сеть, 4-левобережная солевая штольня, 5-разлом №35, 6-строительные туннели 1-го и 2-го яруса, 7- строительный туннель 3-го яруса, 8-водоводы 1-6-го агрегата, 9-машинный зал, 10-трансформаторное помещение, 11-кабельные туннели, 12-Комплектное распределительное устройство элегазовой изоляцией (КРУЭ), 13- Транспортный туннель Т-4

Физико-механические и упруго-прочностные свойства массива пород зависят как от структуры массива и свойств пород в образце, так и экзогенных изменений, обусловленных процессами выветривания и разгрузки естественных напряжений. В результате выполненных в процессе изысканий инженерно-геологических работ, которые включали в себя гидрогеологические, геомеханические и геофизические исследования, в массиве выделены четыре инженерно-геологические зоны, которые отличаются по значениям этих свойств: I - зона сильного выветривания и разгрузки; II - зона выветривания и разгрузки; III – зона разгрузки; IV – практические неизменные горные породы.

Наиболее крупными разрывными нарушениями, наблюдающимися непосредственно на участке Рогунской ГЭС, являются Гулизинданский и Ионахшский правые взбросо-сдвиги, оперяющие Вахшский разлом I порядка и простирающиеся параллельно слоям пород в юго-западном направлении.

Из двух разломов 2-го порядка, непосредственно образующих на створном участке единый тектонический блок, Гулизинданский проходит в стороне, за пределами основных сооружений (рисунке 2 и 3).

Оба разрыва отчленяются от Вахшского разлома в районе устья р. Оби - Гарм и прослеживаются субпараллельно в юго - западном направлении, ограничивая тектонический блок в пределах которого, располагается Рогунская плотина. В пределах участка расположения плотины Гулизинданский взброс протягивается вдоль левого берега, Ионахшский пересекает русло р. Вахш на его излучине в 0,5 км выше по течению от оси плотины и далее прослеживается вдоль хребта Сурх – ку на правом берегу реки, постепенно удаляясь от нее.

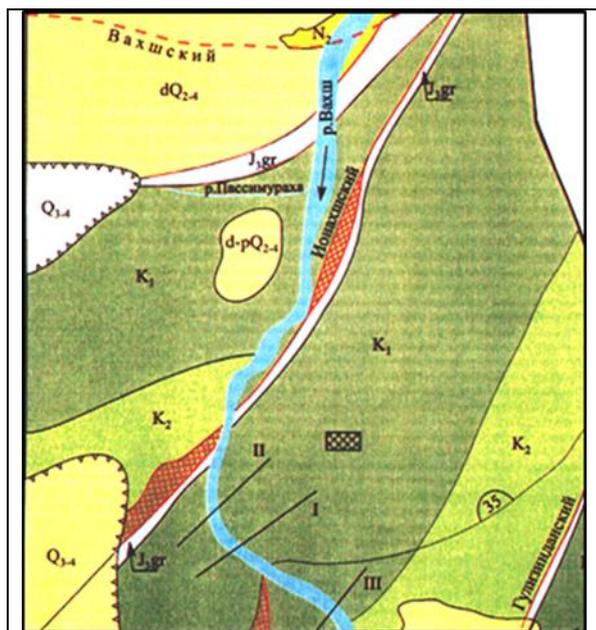


Рисунок 2. - Геологическая структура створа Рогунской ГЭС

Между Ионахшским и Гулизинданским разломами результирующим является разлом III порядка №35, который протягивается от Гулизинданского до Ионахшского разлома и пересекает русло реки Вахш в 110 м ниже основания плотины.

Современная тектоническая активность района строительства Рогунского гидроузла обусловила высокий уровень естественных напряжений. Значения этих напряжений измерялось с помощью геофизических методов и методом торцевой разгрузки в скважинах, расположенных в горных выработках на глубине до 350 м. Вектор максимальных напряжений имеет субгоризонтальное заложение и направлен вкост слоистости пород и основным разломам участка.

В верхнем бьефе, в 400 - 500 м от оси плотины, под ее верхним клином,

нижнемеловая толща согласно подстилается отложениями верхней юры, представленной пачкой аргиллитов мощностью около 20 м и пластом каменной соли, непосредственно контактирующей с Ионахшским разломом, пересекающим реку под углом около 30° (рисунок 4). При этом шов разлома простирается параллельно слоям пород нижнемеловой толщи и отложений верхней юры и падает в ту же сторону, в связи с чем пласт соли колеблется осредненно от 1 до 10-12 м и на каждые 100 м глубины увеличивается на 15 м.

Поверхность зеркала солевого пласта прослеживается на 20 - 25 м ниже уреза воды в реке и на уровне грунтовых вод в бортах ущелья. Под ядром крутопадающий пласт каменной соли находится на расстоянии около 900 м.

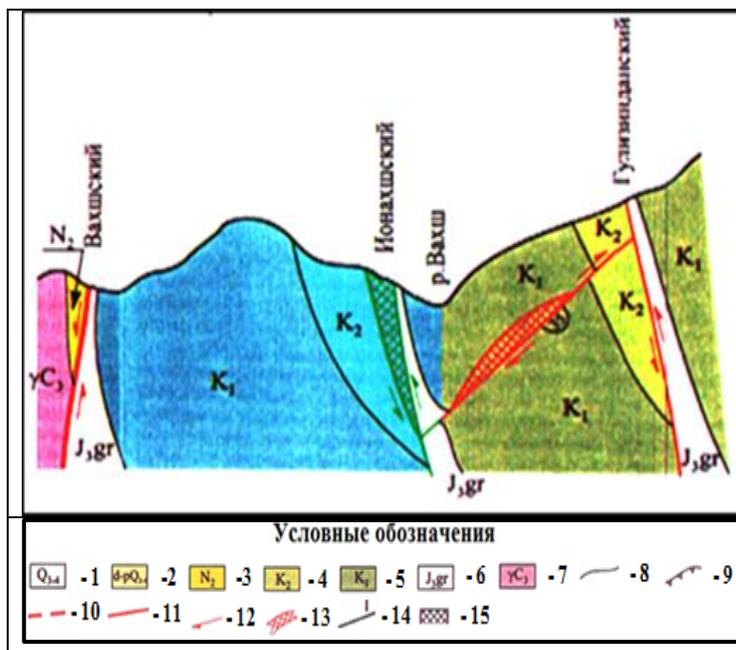


Рисунок 3. - Схема современных тектонических движений: 1- оползневые тела скальных пород, 2- рыхлые и связанные четвертичные образования, 3 - конгломераты плиоцена, 4 – известняки, аргиллиты, песчаники и гипсы верхнего отдела мела, 5 – песчаники и алевролиты нижнего отдела мела, 6 – аргиллиты ниже УПВ – каменная соль верхнего отдела юры, 7 – гранитоиды, 8 – стратиграфическая граница, 9 – граница оползневых тел скальных пород, 10 – глубинный разлом 1-го порядка, 11 – разломи 2-го и 3-го порядка, 12 – направление движение, 13 – зона дробления, 14 – варианты створов, 15 – подземный машинный зал

Поверхность размыва соли грунтовыми водами располагается ниже уровни грунтовых вод на 25 - 30 м, при удалении от реки отметки верха соли постепенно повышаются. Скважины, пробуренные вблизи реки, на левом берегу, вскрывает верх соли на отметке 956 м, на правом берегу, в 500 м от р. Вахш на отметке 964 м., на левом берегу – на отметке 972 м. Надсолевое пространство, где соль выщелочена, заполнено брекчией.

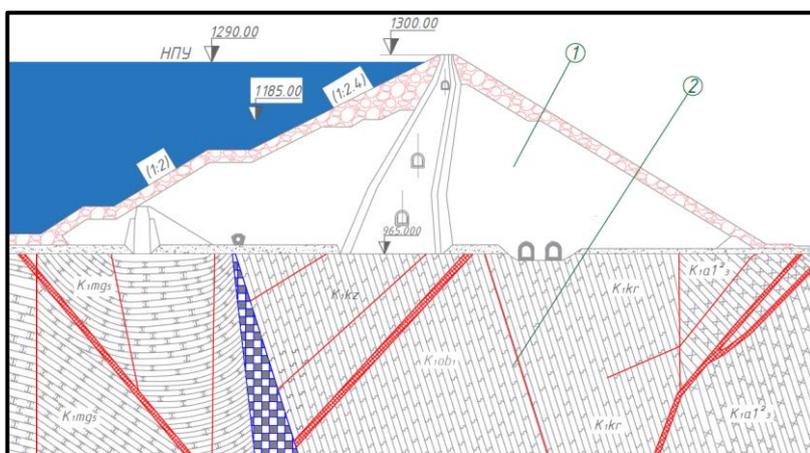


Рисунок 4. - Продольный разрез основной плотины (1) и основания (2) Рогунской ГЭС

Соль (галит), слагаемая пласт, представляет собой плотную темно-серую, розовую, охристую породу, с хорошо выраженной кристаллической структурой, стеклянным блеском в свежих изломах. По химическим анализам средний состав соли, выраженный в форме гипотетических солей, представлен в таблице 1.

Таблица 1. - Гипотетические соли в %%

NaCl	MgCl ₂	MgSO ₄	MgCO ₃	CaCl ₂	CaSO ₃	CaCO ₃	Ca(HCO ₃)	обл. пород	сумма
79,32	0,05	0,08	1,08	0,03	11,1	1,69	0,03	6,76	100,06

Как видно из таблицы 1, основной солью здесь является NaCl т. е. галит, остальные соли имеют подчиненное значение.

Растворимая в воде часть соли представлена галитом и составляет 75,8 - 92,0% от всей породы, а нерастворимая представлена включениями ангидрита, карбонатов, обломков вмещающих пород и рудных минералов.

Защита легкорастворимых пород от выщелачивания и суффозии при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений можно достигнуть в

результате создания высокоплотных противофильтрационных завес, которые решаются задачи снижение скорости фильтрационных потоков воды в трещинах, предотвращение развития механической и химической суффозии, и образование путей сосредоточенной фильтраций.

В работах С.Д. Воронкевича, А.Н. Адамовича, Л.И. Малышева, Г.В. Зернова, В.П. Недриги, И.А. Парабучева, Л.А. Молокова, Н.Г. Трупака, Б.А. Ржаницина, В.И. Сергеева, В.Е. Соколовича, А. Холсби, К. Карона, А. Камбефора, а также других исследователей обобщен большой опыт по созданию противофильтрационных завес и расчёт их параметров связанных с инженерно - геологическими условиями основания плотины.

В области теоретических проблем гидрогеохимии, основоположником которой является В. П. Вернадский, был создан фундаментальный труд об истории формирования природных вод, систематизация подземных вод по химическим свойствам и составам, особенности их развития и основные гидрогеохимические закономерности.

Результаты гидрогеохимических исследований изложены в монографиях и статьях О. А. Алекина, М. Е. Альтовского, С. А. Брусиловского, А. Н. Бунеева, М. Г. Валяшко, А. П. Виноградова, Е. А. Барса и М. И. Зайдельсона, И. К. Зайцева, В. П. Зверева, Н. К. Игнатовича, В. В. Красинцевой, С. Р. Крайнова, А. М. Овчинникова, К. Е. Питьевой, Е. В. Посохова, В. С. Самарина, С. И. Смирнова, В. М. Швеца, Г. А. Максимовича и др.

Химический состав подземных вод на участках развития соли в основании плотины Рогунской ГЭС, начиная с отметок ее свода (оголовка), более однообразен. Здесь, как правило, подземные воды хлоридно - натриевые. При изменении общей минерализации от 3 до 60 г/л наблюдается постепенная смена типов вод в такой последовательности: сульфатные кальциевые-не более 4 г/л; сульфатные натриевые-от 2,5 до 12 г/л; сульфатно-хлоридные натриевые-от 2,5 до 17 г/л; хлоридно - сульфатные натриевые-от 7,5 до 60 г/л; хлоридные натриевые-более 60 г/л. Подземные воды с минерализацией свыше 30 г/л относятся, как правило, к хлоридно - натриевым. Переход к этому типу вод происходит на абсолютных отметках около 950 м, т.е. на отметках верха соли.

Изменения химического состава подземных вод в пространстве и времени, может происходить под воздействием естественных и искусственных факторов. Одним из факторов является возведение высоконапорных плотин, который приведёт к изменению гидрогеохимического, геотермического и фильтрационного режима в основании плотины.

Во второй главе диссертации рассмотрены принципы организации инженерного мониторинга, методика и технология исследования изменения состава подземных вод классическими методами и приборами резистивиметрией, термометрией и отбором проб из скважины. также рассмотрены и обоснованы возможности применения современных технологий изучения изменения состава подземных вод (гидрогеохимический режим), геотермической обстановки и фильтрационного режима.

При повышении уровня воды в водохранилище происходит увеличение фильтрационных потоков в основании плотины. Пресная вода в зависимости от действующего напора (гидростатического давления) проникая по трещинам, достигая высокоминерализованных вод, защищающие пласт соли, изменяет концентрацию подземных минерализованных вод по глубине. Далее под действием фильтрационных потоков отжатая часть минерализованных вод переносится дальше от солевого пласта, ведущая к изменению гидрогеохимического режима в основании плотины.

К основным задачам, решаемые в процессе мониторинга, отнесены: контроль за гидрогеохимическим режимом в основании плотины; контроль геотермического и фильтрационного режима в основании плотины; организация наблюдений за работой системы защиты основания; обнаружение причины отключений от заданного режима; оценка наблюдаемых отклонений в основании во время строительства, эксплуатации и управления техногенными процессами; прогноз развития возникающих ситуаций и выбор оптимального варианта, исключающего отрицательные последствия нарушений заданного режима.

Осуществление мониторинга требует наличия детальной информации об особенностях гидрогеохимического режима в основании плотины во время строительства, в нормальном эксплуатационном режиме, а также в выработке критериальных значений этих параметров.

Система мониторинга основания плотины является автономной составной частью общего мониторинга, принципиальная схема которой представлена на рисунке 5.



Рисунок. 5. - Общая схема системы мониторинга основания плотины

Для эффективной работы всей системы мониторинга большое значение имеет создание функциональной модели мониторинга и планирование всей технологической цепочки от получения информации до принятия решения. Проектирование системы мониторинга защиты пласта соли включает пять этапов:

1. **Определение задач системы мониторинга и требований к информации**, необходимой для их выполнения. На этом этапе проектирования должны быть выбраны основные статистические методы обработки данных, т.к. от них зависит в значительной степени частота и сроки наблюдений, а также требования к точности получаемых значений.

2. **Создание организационной структуры сети наблюдений и разработка принципов их проведения**. На этом этапе с учетом поставленных задач определяется основная структура наблюдательной сети.

3. **Построение сети мониторинга**. На этом этапе уточняется соотношение видов наблюдательных сетей; устанавливаются места расположения пунктов сбора

информации. При наличии автоматизированных и дистанционных систем уточняется программа их работ.

4. **Разработка системы получения данных и представления их потребителям.** На этом этапе определяются особенности иерархической структуры получения и сбора информации; планируется разработка банка данных; дается детальная характеристика основных информационных форм (отчет, обзор, справка, команда).

5. **Создание системы проверки полученной информации на соответствие исходным требованиям и пересмотр, при необходимости, системы мониторинга.** Кроме того по мере освоения системы мониторинга накопление и обработка информации должны быть автоматизированы или переведены на телеметрический способ осуществления сбора, обработки и анализа информации. Пример такого построения системы мониторинга приведён на рисунке 6.

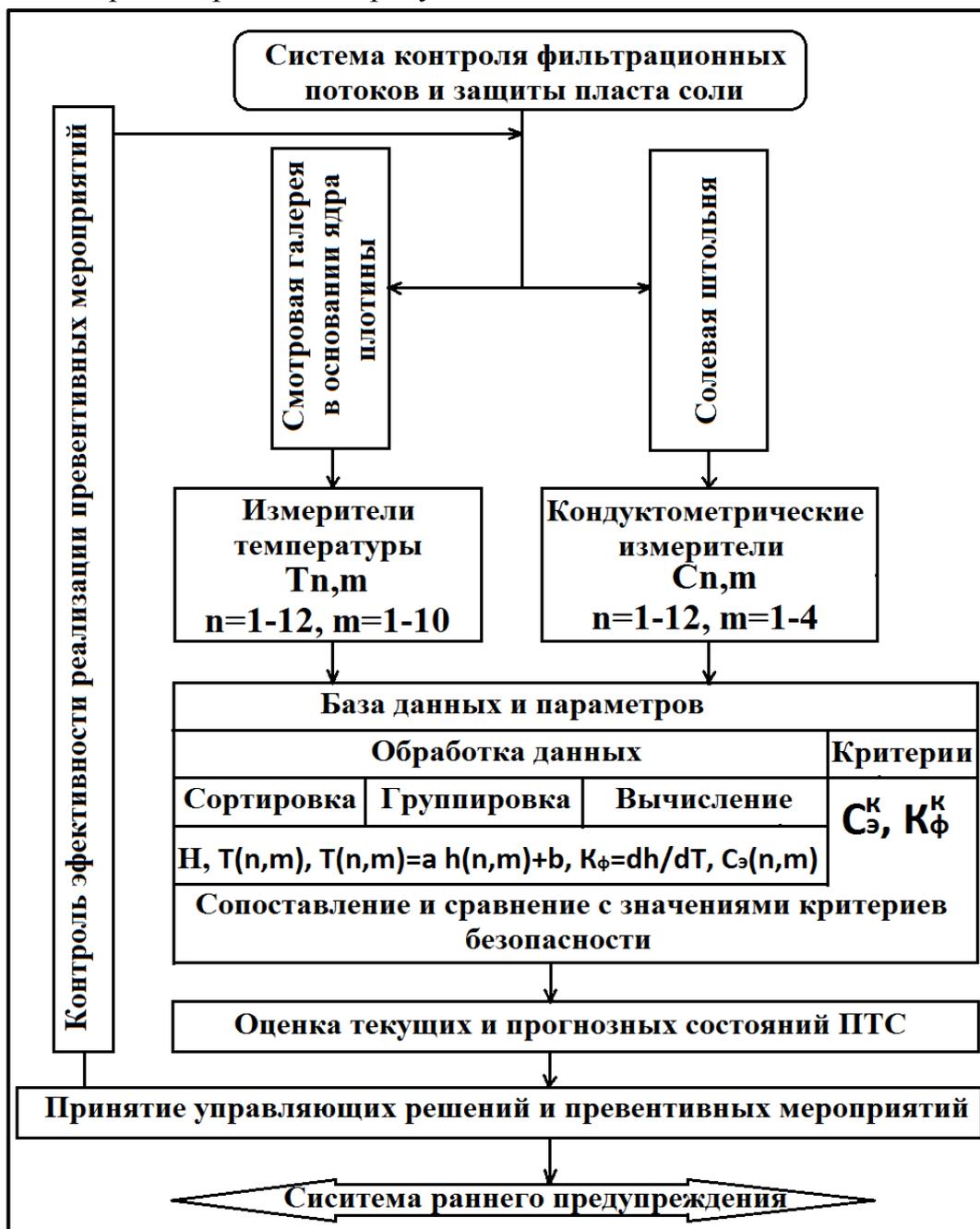


Рисунок 6. - Принципиальная схема архитектуры системы мониторинга геотермического и гидрогеохимического режима

Основной задачей натуральных наблюдений является установление момента начала выноса продуктов растворения из защищаемого пласта; установление границ области, затронутой процессом растворения.

Учитывая инженерно-геологические особенности в створе Рогунской ГЭС, предлагается схема размещения кондуктометрических измерений за пластом соли из солевой штольни (рисунок 7).

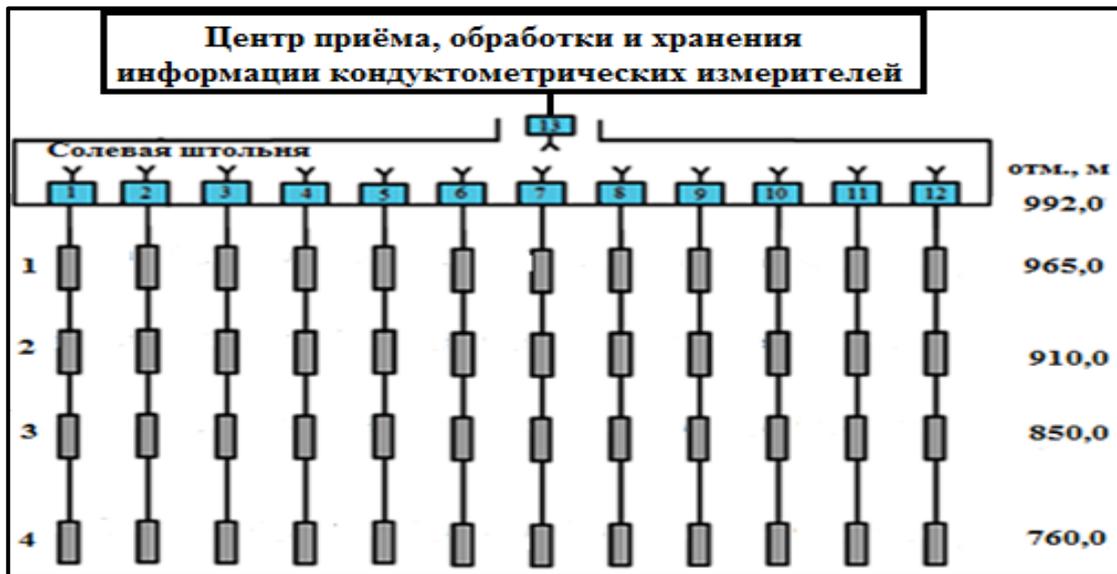


Рисунок 7. - Схема расположения кондуктометрических измерителей за пластом соли из солевой штольней

Проектом Рогунской ГЭС, на всю длину защищаемого пласта соли (1100 м), для всех видов наблюдения предусмотрено 12 наблюдательных створов. Исходя из этого в предложенной схеме предусмотрено 12 створов кондуктометрических измерителей, совмещённых с наблюдательными створами, утверждённым проектом.

По каждому створу по глубине, в схеме предусматривается на четырёх уровнях размещения кондуктометрических измерителей: 1 - й уровень на отметке 965,0 м, где на этом уровне находится оголовок солевого пласта; 2 - й, 3 - й и 4 - й уровни на отметке 910,0, 850,0 м и 760,0 м, для определения скорости, глубины отжатия минерализованных вод и изменения границы уровня слабо и сильно минерализованных вод в зависимости от действующего напора на верхнем бьефе (рисунок 8).

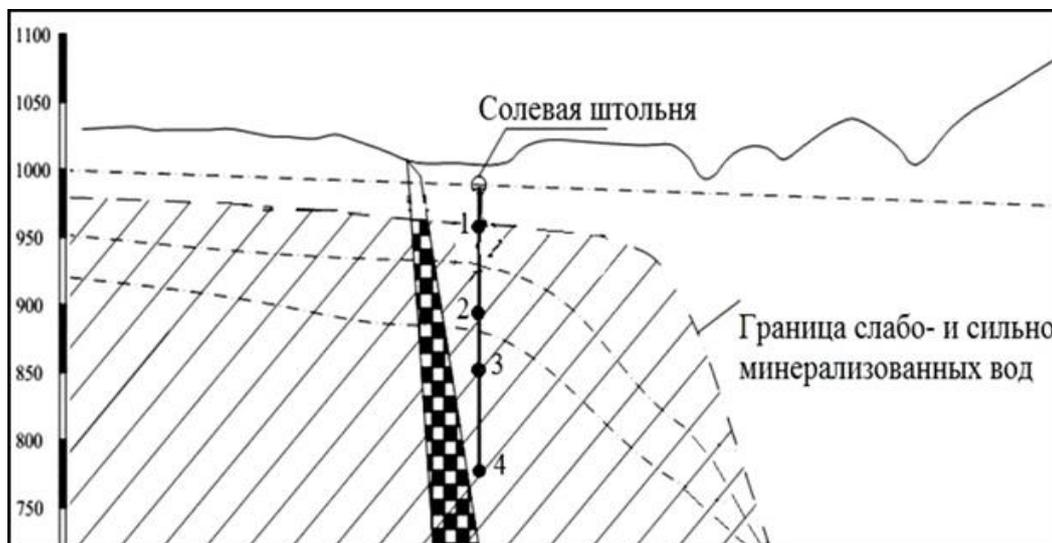


Рисунок 8. - Изменение границы уровня слабо и сильно минерализованных вод

Основными геофизическими методами для оперативного контроля гидрогеологического, гидрохимического и геотермического режимов, являются термометрия, резистивиметрия и кондуктометрия, предусмотренной системой мониторинга в зоне защиты пласта соли.

Для изучения изменения минерализации в зоне оголовка солевого пласта были выбраны термометрия и резистивиметрия. Опыт предшествующих исследований на этом объекте, позволил подтвердить их эффективность и технологичность. Основным методом в этом комплексе является геотермический метод с применением термисторов. Он обладает высокой информативностью и возможностью изучения всего разреза скважин, включая обсаженные зацементированные и безводные интервалы пьезометрических скважин.

Геофизические исследования в скважинах пьезометрической сети выполнялись с помощью переносной аппаратуры, включающей скважинный термометр КТ - 1 и специальный трехэлектродный резистивиметр РСМ - 56.

Также термометрические исследования в скважинах пьезометрической сети выполнялись с помощью переносной аппаратуры, включающая в себя скважинные преобразователи температуры измерительные струнные типа ПТС-60 и измерительного прибора для снятия показаний преобразователя типа ПЦП-1(специализированный портативный цифровой периодомер).

Кондуктометр NELT разработанный автором предназначен для определения концентрации и температуры водного раствора поваренной соли NaCl. В таблице 2 приведены технические характеристики кондуктометра NELT. Концентрация определяется по электропроводности раствора измеренной индукционным методом.

Таблица 2. - Техническая характеристика кондуктометра NELT

Наименование параметров	Значение параметров
Диапазон измеряемых концентраций	2 ÷ 300 г/л
Точность измерения концентрации Na Cl	± 2 г/л
Температура измеряемого раствора	10 ÷ 30 ⁰ С
Точность измерения температуры	± 0,5 ⁰ С
Интерфейс погружного зонда	Токовая петля 1 – 100 мА
Интерфейс регистратора	RS - 232
Время измерения	2 с
Потребляемая мощность	1 Вт
Средний срок службы погружного зонда	5 лет
Средний срок службы регистратора	10 лет
Длина информационного кабеля	До 100 м
Масса погружного зонда	850 г
Габариты погружного зонда	301 x 34 мм
Габариты регистратора	140 x 100 x 30 мм
Питание прибора	Встроенное, 12 В

Кондуктометр «NELT» использует тороидальный сенсор, в котором отсутствуют электроды, работающий в режиме трансформатора тока. Регистратор (рисунок 9) и погружной зонд (рисунок 10) созданы на базе микропроцессорной (МП) технологии позволяющие сохранить информацию (концентрации в граммах на литр и текущую температуру) на ПЗУ (постоянном запоминающем устройстве) регистратора.

Погружной зонд состоит из металлического корпуса, электронной части и герметизирующего наполнения. Электронная часть (рисунок 10) включает в себя индуктивный сенсор (1), микропроцессорное устройство (2), датчик температуры (3) и

виту пару соединительных проводов (6), ведущих к регистратору. Индуктивный сенсор реагирует на изменение концентрации раствора электролита и находится снаружи металлического корпуса. Состоит их двух колец индуктивности залитых эпоксидным компаундом.

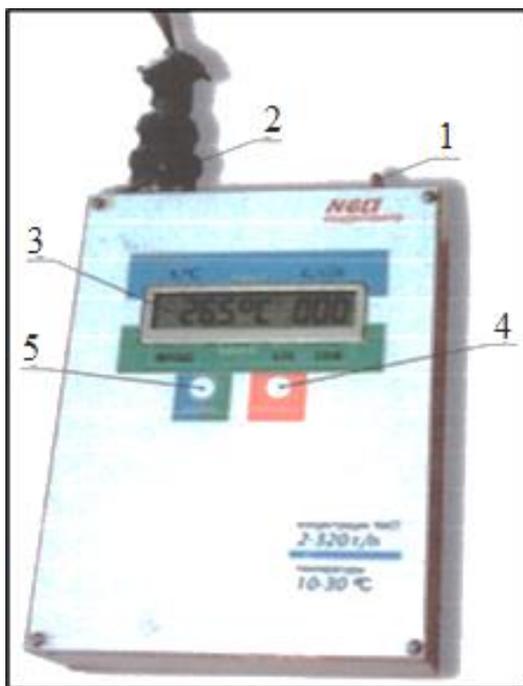


Рисунок 9. - Элементы управления регистратора: 1 - тумблер включения-/выключения; 2 - разъем подключения измерительного блока; 3 - жидкокристаллический дисплей; 4 - кнопка проведения измерений; 5 - кнопка переключения режима отображения информации

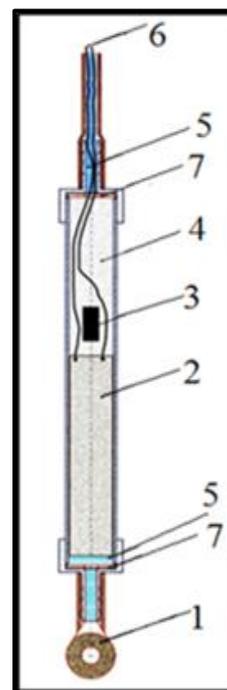


Рисунок 10. - Схема расположения элементов погружного зонда: индуктивный сенсор, 2- микропроцессор, 3- дат-чик температуры, 4- парафиновый наполнитель, 5- эпоксидный компаунд, 6- сигнальный провод, 7- резиновые прокладки

Сейсмоакустические исследования для определения качества цементационных работ в подземных выработках Рогунской ГЭС решались методом сейсмического каротажа скважин. В результате эксплуатации установлено что, метод сейсмического каротажа с 6-ти канальной сейсмокосой, технически не всегда обеспечивала хорошее качество материала (рисунок 11). Поэтому было принято решение перейти на работу с однокомпанентным сейсмическим зондом (имеющим прижимное устройство), один сейсмоприемник которого устанавливался в устье скважины для синхронизации получаемых записей, а другой, прикрепленный к жесткой штанге передвигался по стволу скважины с шагом 1м.

Таким образом, для каждого удара была получена двухканальная запись (на одном канале регистрировались колебания вблизи пункта удара, на другом - на глубине) (рисунок 12).

Проведенные исследования, предопределили необходимость разработки (изобретения) совершенно нового устройства прижима сейсмического датчика к стенке скважины. Целью изобретения было обеспечение надежного прижима сейсмодатчика к стенке скважины с изменяющимся диаметром, упрощение конструкции скважинного прибора, повышение точности измерений параметров волн и повышение чувствительности сейсмического датчика при регистрации их в скважине (рисунок 13 и 14).

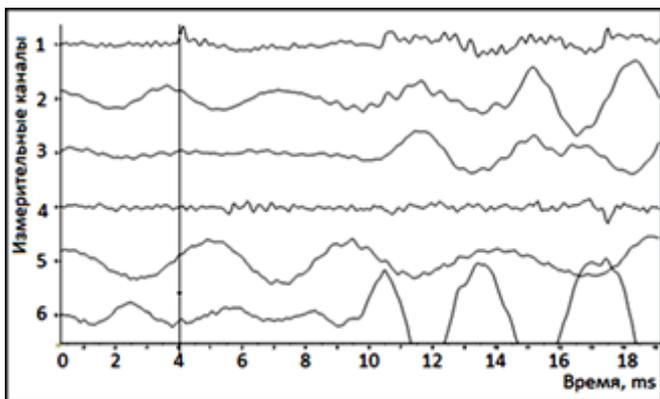


Рисунок 11. - Примеры сейсмограмм сейсмического каротажа сейсмической косой, отсутствие контакта сейсмоприемника со скалой

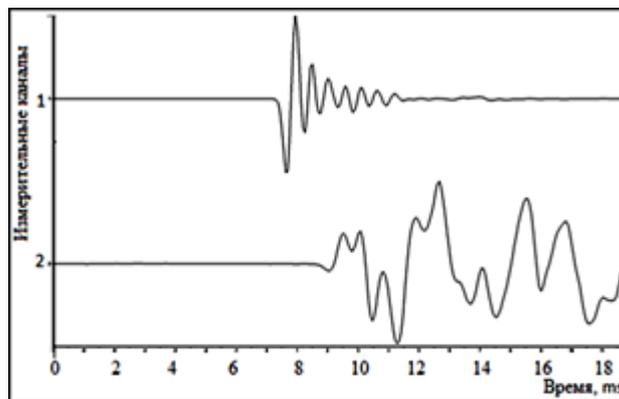


Рисунок 12. - Примеры сейсмограмм, полученные при работе с одноканальным зондом

Скважинный сейсмический зонд (рис. 14) посредством наращивания штанги 6 поступательно перемещается по стволу скважины, сейсмический сигнал из датчика 2 по электрическому кабелю 3 передается на поверхность на бортовой компьютер (не показан) и данные регистрируются в виде сейсмограммы в реальном масштабе времени. Сейсмограммы сохраняются в виде отдельного файла для каждой точки скважины на жестком диске.

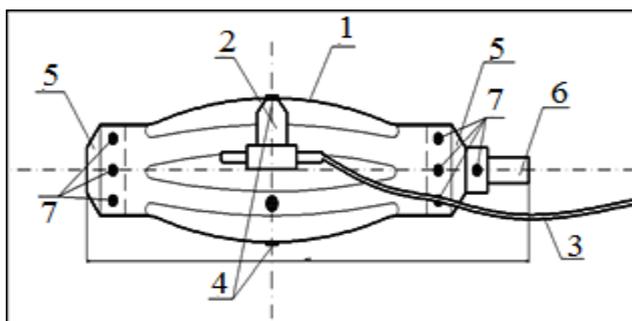


Рисунок 13. - Скважинный сейсмический зонд: 1-пластмассовый корпус, 2-сейсмический датчик, 3-двухжильный провод, 4-болты, 5-пластмассовая втулка, 6-штанга, 7-винты

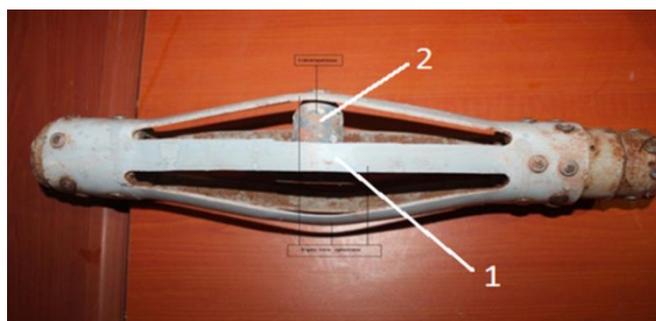


Рисунок 14. - Скважинный сейсмический зонд: 1 – прижимное устройство, 2-сейсмический датчик

В третьей главе диссертации, изложены теоретические и практические основы создания измерителя тепловых потоков (тепломер) для мониторинга пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины; разработанная математическая итерационная модель и алгоритм оптимального поиска путей сосредоточенной фильтрации, определения направления теплового потока; результаты проведенных анализов диапазона изменения геотемпературного поля; представлены результаты расчёта точности измерения температуры; процесс создания тепломера.

Фильтрующаяся вода в основании высоконапорной плотины оказывает как механическое, так и химическое воздействие на грунт, слагающий основание сооружения, увлекая с собой мелкие частицы и растворя соли растворяя и унося их в нижний бьеф сооружения. В первом случае присутствует механическая, а во втором – химическая суффозия. Наличие подобного явления способствует тому, что грунт основания становится более проницаемым для воды. При этом скорости фильтрации возрастают, образуя так называемые пути сосредоточенной фильтрации с выносом частиц большего размера. Следует отметить, дальнейшее развитие подобного явления

ведет к разрушению основания и как следствие становится причиной возникновения аварии собственно сооружения.

Выявление пути сосредоточенной фильтрации на начальном этапе её зарождения осуществляется с использованием теории тепломассопереноса, на основе исследования изменения теплового поля в основании плотины. Одним из направлений реализации определения зарождения сосредоточенной фильтрации, является создание специальных измерителей тепловых потоков для мониторинга путей сосредоточенной фильтрации в основании плотины.

Температурное поле тела или системы тел - это совокупность мгновенных значений температур во всех точках рассматриваемого пространства. В общем случае уравнение температурного поля имеет вид

$$t = f(x, y, z, \tau), \quad (1)$$

где t – температура; x, y, z , - координаты; τ - время.

Следует отметить, что объектом исследования, при этом, являются естественные тепловые поля, а также поля, создаваемые различными искусственными источниками (например, термополя, образующиеся в результате фильтрации воды из водохранилища).

На участке солевой завесы основания плотины Рогунской ГЭС в 1990-91 гг. были выполнены 10 циклов режимных геотермических наблюдений по 12 створам. Общее количество пьезометров, задействованных в исследованиях 28. Схема расположения створов и местоположение пьезометров приведены на рисунке 15.

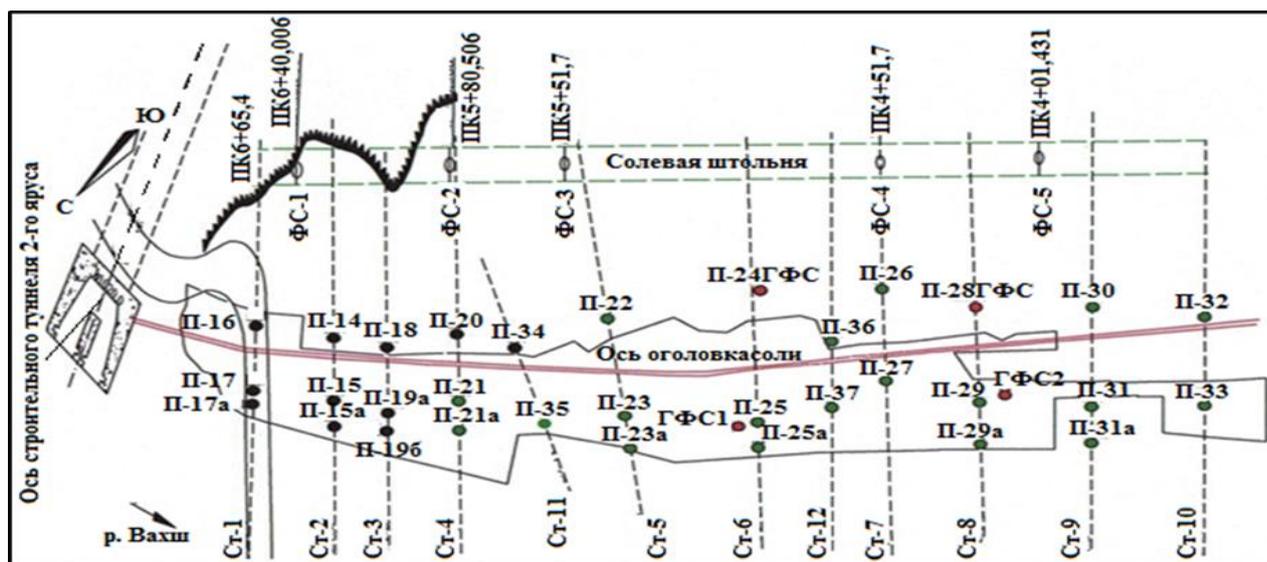


Рисунок 15. - План расположения пьезометрических скважин на участке левого берега солевого пласта р. Вахш

Геотермические исследования в скважинах пьезометрической сети, выполнялись с помощью переносного скважинного термометра КТ-1. Отличительной особенностью данного термометра является его широкий диапазон измеряемых температур.

На основе анализа изотермической поверхности геотермического разреза по створу №2 (рисунок 16) установлено, что тепловой поток направляется в сторону реки Вахш.

Анализ изотермической поверхности геотермического разреза по створу №4 (рисунок 17) позволил установить, что аналогичная ситуация характерна также в створе №2.

На наш взгляд, выявленная ситуация связана с существованием подземного течения воды вдоль оголовка соли разгружающаяся в сторону реки Вахш, или связана с теплопереносным свойством водовоздушного течения реки Вахш.

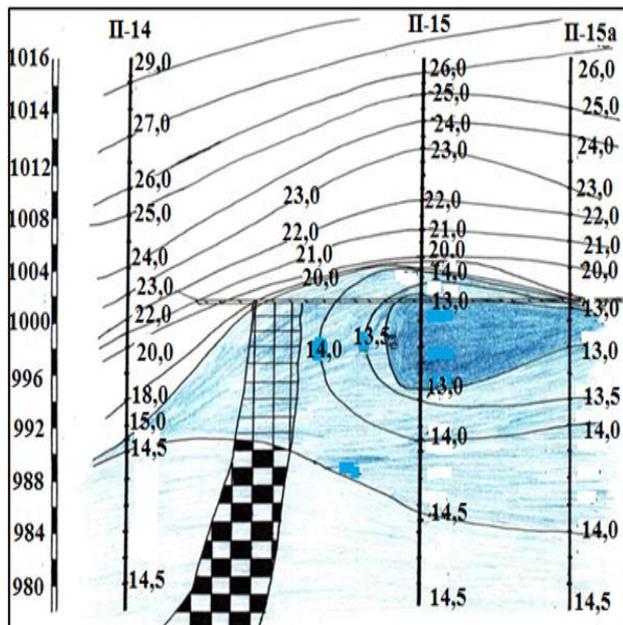


Рисунок 16. - Геотермический разрез по створу № 2

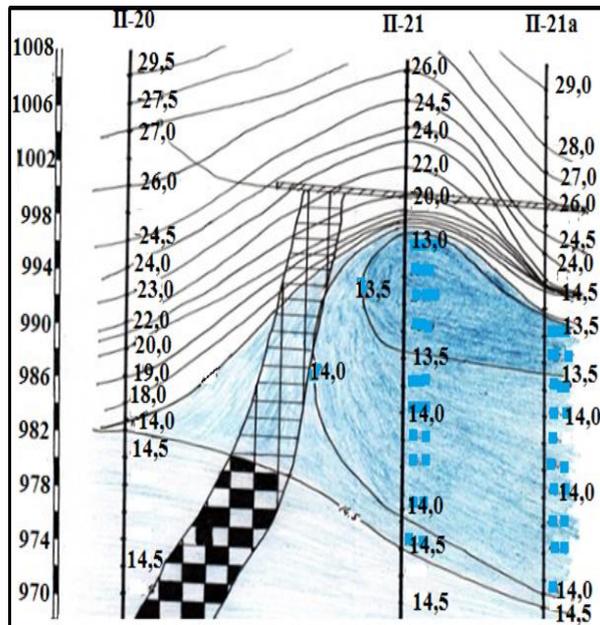


Рисунок 17. - Геотермический разрез по створу № 4

С целью выявления процессов тепломассопереноса, на основе данных термометрических исследований в пьезометрических скважинах П-30, П-31, П-31^а, П-32, П-33, П-35, П-36, П-7, П-21, П-23, П-23, П-27, П-29 и П-29^а а было исследовано изменение градиента температуры в обводнённом интервале согласно формулы (2) на базе длиной L в течение годового периода 2011 года.

$$\frac{\partial T}{\partial t} \approx \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} = \Gamma \quad (2)$$

где, Γ – температурный градиент или изменение температур T_2 и T_1 на глубинах z_2 и z_1 (ось z направлена вниз по нормали к поверхности).

Для детального изучения изменения градиента температуры в обводнённом интервале пьезометрических скважин были выбраны пьезометры П-31 и П-33. График изменения градиента температуры в обводнённом интервале пьезометрической скважины П-31 и П-33с шагом в 1 метр, в период половодья (август, 2011г.) и в меженный период (декабрь, 2011г.) приведены на рисунках 18 и 19.

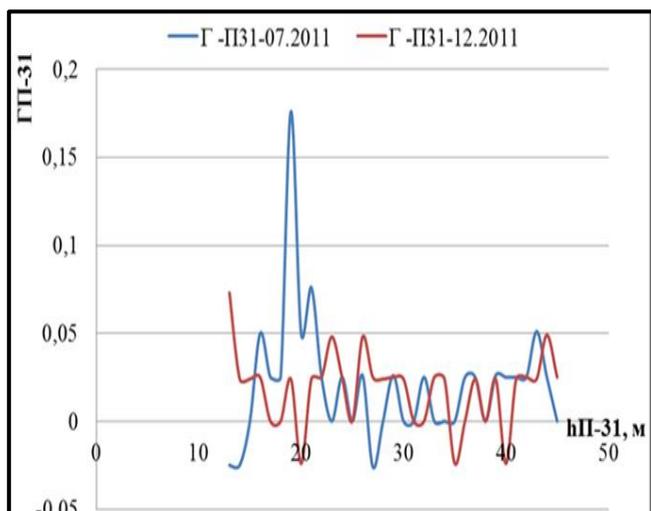


Рис. 18. - График изменения градиента температуры в обводнённой части пьезометрической скважины П-31

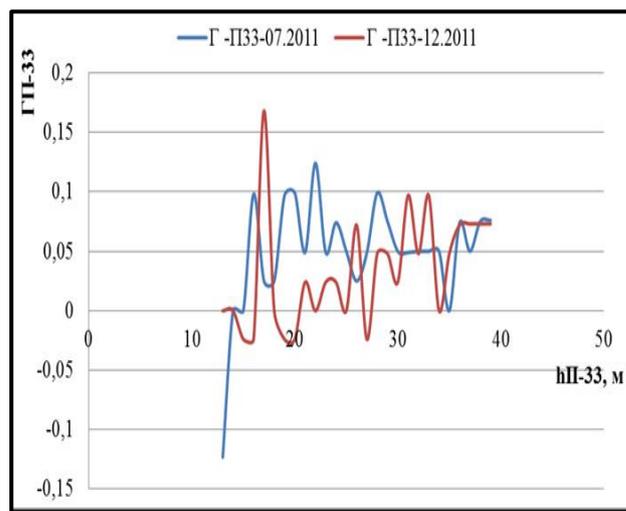


Рис. 19. - График изменения градиента температуры в обводнённой части пьезометрической скважине П-33

Таким образом, установлено, что причинами изменения градиента температуры являются: асинхронный съём информации по стволу пьезометрических скважин (от пьезометра к пьезометру по времени); особенность горного массива связанного с трещиноватостью и фильтрационной характеристикой массива; гидравлический режим; водовоздушное течение реки Вахш.

Распределение температуры T по пьезометрическим скважинам (рисунки 16 и 17) как функция $f(T)$ имеет один минимум и является унимодальным. Минимальное значение температуры определяется температурой теплоносителя (воды).

Применяя выше изложенное, к определению градиента температуры согласно формуле 2 определяем вид математически итерационной модели поиска минимальной точки функции на основе общего метода оптимизационного поиска, следующего вида

$$\Gamma_i = \frac{T_{i+1} - T_i}{h_{i+1} - h_i} \quad (3)$$

где, Γ – температурный градиент или изменение температур T_2 и T_1 на глубинах h_2 и h_1 (ось h направлена вниз по нормали к поверхности).

Поскольку функция Γ отличается от функции $f(T)$ в зависимости от внешних воздействия может принимать функцию степенного характера, то Γ_i возведём в квадрат

$$(\Gamma_i)^2 \xrightarrow{\min} 0 \quad (4)$$

тогда функция $(\Gamma_i)^2$ становится унимодальным, минимум которого стремится к нулю.

Таким образом, результирующим итогом является то, что на основе формул 3 и 4 составляется алгоритм работы модели (рисунок 20).

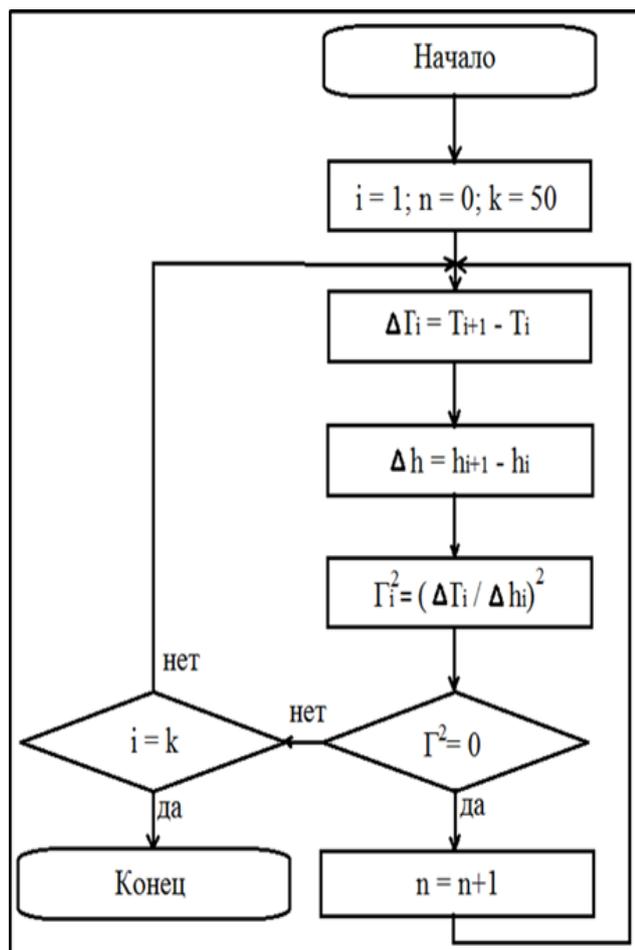


Рисунок 20. - Алгоритм оптимального поиска минимума функции

На основе математической итерационной модели и с учётом выявленного диапазона измерения температуры в обводнённой части пьезометрических скважин и повышения точности разрабатываемого двухканального тепломера рекомендуется ограничить диапазон измерений от 8°C до 25 °C. Расчёт степени точности и базы измерения тепломера приведены в таблице 3. Расчёты показывают, что при принятии базы измерения равной 20 см, точность тепломера составляет 1/1000, что позволяет высоту зонда тепломера принять равной 20 см. Рекомендуемая высота позволяет зонду тепломера свободно погружаться в пьезометрические скважины проходя возможные их кривизны, поскольку не всегда удаётся пробурить скважину идеально прямой.

С целью уточнения диаметра зонда нами изучены конструктивные особенности пьезометрической наблюдательной сети созданной в левобережной зоне солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС. Установлено, что вся пьезометрическая сеть состоит из стальной трубы диаметром 72 мм.

Таблица 3. - Расчёт степени точности и базы измерения тепломера

$\Delta H, \text{ м}$	$\Delta T_{\min}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{\max}, ^\circ\text{C}$
1 км	5	148
100 м	0,5	15
10 м	0,05	1,5
1 м	0,005	0,15
0,5 м	0,0025	0,075
0,2 м	0,001	0,03

С целью свободного прохождения зонда по пьезометрическим скважинам и возможностей современной микроэлектро-ники диаметр погружного зонда принимаем равным 20 мм. С учётом определения диапазона изменения температуры в обводнённом интервале пьезометрических скважин и проведённых расчётах по определению точности и конструктивных особенностей двухканального тепломера составлено требование к разрабатываемому тепломеру, параметры которого приведены в таблице 4.

Таблица 4. - Требования к техническим характеристикам двухканального тепломера

№ п/п	Наименование параметров	Значение параметров
1	Диапазон измеряемых температур	8-25 °С
2	База, расстояние между термодатчиками	20 мм
3	Точность	0,001 °С
4	Диаметр погружного зонда	20 мм
5	Высота погружного зонда	240 мм

Разработанный автором геотермометр-тепломер предназначен для высокоточного измерения температуры и тепловых потоков в "сухих" инженерно-геологических скважинах, или заполненных водой. Рекомендуемый прибор позволяет использовать только один двухканальный зонд, резко повышающий производительность термометрии "сухих" скважин, увеличивающий точность регистрации температуры, измеряющий температуру в любой интересующей точке, создающий необходимые условия сканирования всей скважины, или наблюдение процессов фильтрации подземных вод на любой выбранной глубине. На ряду с этим, конструкция также обеспечивает малую постоянную времени термодатчиков в сочетании с механической защищенностью. При этом, дифференциальная чувствительность прибора позволяет уверенно обнаруживать перепады (градиент) температур в водной среде на уровне 0,00010 °С/см.

Основные технические характеристики термометра приведены в таблице 5.

Комплектация термометра. Термометр состоит из следующих частей (рисунок 21): 1 - погружной зонд, 2 - сигнальный кабель, 3 - катушка для намотки кабеля, 4 - кожух для хранения погружного зонда, совмещённый с катушкой, 5 - радиопередатчик сигнала с погружного зонда, встроенного в катушку, 6 - регистратор, 7 - радиоприёмник сигнала с погружного зонда.

Таблица 5. - Основные технические характеристики термометра

№ п/п	Наименование параметров	Значение параметров
1	Диапазон измеряемых температур	8-25 °С
2	Количество каналов измерения	2
3	База, расстояние между термодатчиками	180 мм
4	Наихудшая точность	0,010 °С
5	Разрешающая способность	0,0010 °С
6	Долговременная стабильность	0,0050 °С/ год
7	Постоянная времени прибора с фильтром/без фильтра	1 секунда / 0,1 секунда
8	Период обновления данных	0,1 секунда
9	Дальность действия беспроводного интерфейса	50-100 м
10	Длина погружного кабеля	60 м
11	Диаметр погружного зонда	20 мм
12	Масса погружного зонда	920 г
13	Габариты погружного зонда	240x20x20 мм
14	Напряжение питания батареи	3-5 В
15	Срок службы внутренней батареи	1-3 года
16	Влаго и пылезащита измерителя	IP57

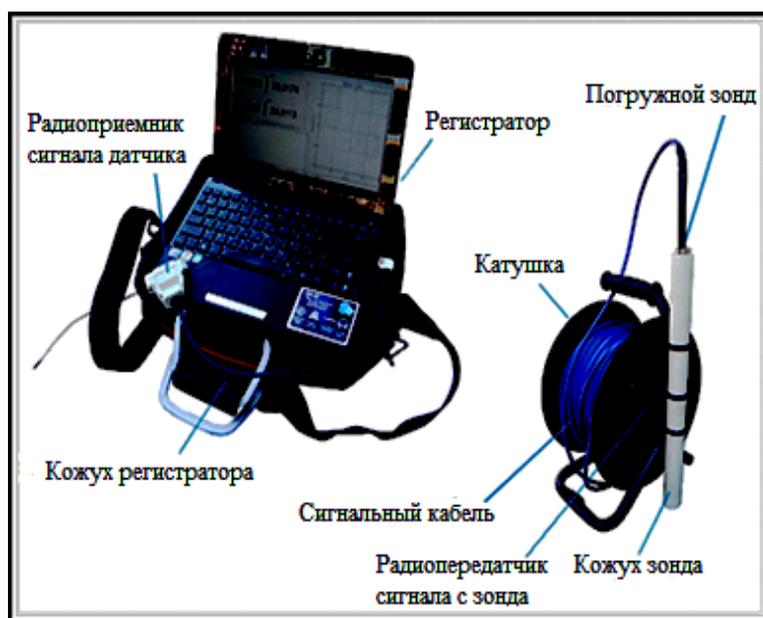


Рисунок 21. - Комплектация геотермометра - тепломер

Принцип работы.

Погружной зонд на кабеле погружается на требуемую глубину в исследуемую среду. Данные о температуре поступают на регистратор одновременно от двух термодатчиков размещённых на погружном зонде. От погружного зонда по сигнальному кабелю до радиопередатчика и далее по радиоканалу попадают на радиоприёмник подключённый к регистратору.

Конструкция погружного зонда. Погружной зонд (рисунок 22) состоит из отрезка прочной пластиковой трубы 1, заглушенной с обоих концов стальными заглушками 3 и 4. Стальная заглушка 3 имеет сквозное отверстие для кабеля, заглушка 4 наглухо закрыта. В отрезок пластиковой трубы 2 помещены два термодатчика 2. Оба датчика залиты эпоксидной смолой с целью их гидроизоляции. Электронная часть погружного зонда расположена внутри катушки для намотки кабеля (рисунок 21).

В процессе калибровки термодатчиков для каждого температурного диапазона экспериментально определяется собственное уравнение. Границы температурного диапазона определяются необходимой степенью точности, чем уже диапазон, тем точность выше.

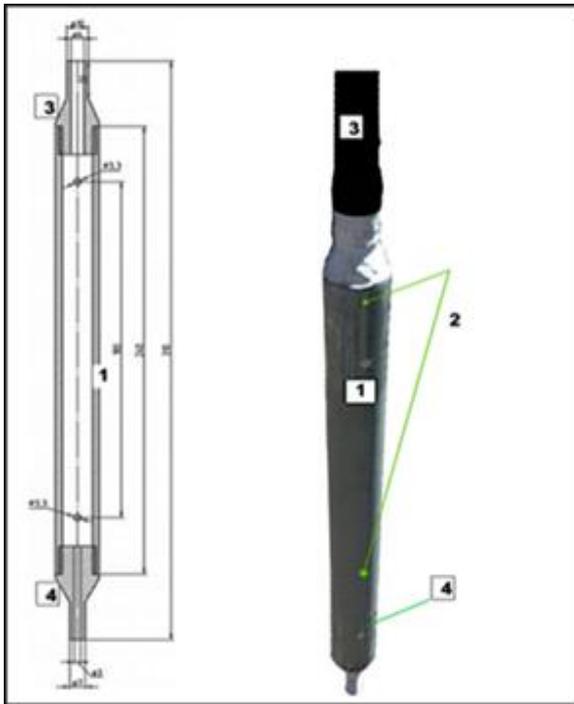


Рисунок 22. - Погружной зонд: 1-отрезок пластиковой трубы, 2-термодатчики, 3-стальная заглушка, 4-заглушка

Примеры уравнений температуры.
 $y1_{00}=0x^3+0x^2-17x+25,91$ //Уравнение 1(8-12С)
 $y1_{01}=0x^3+0x^2-17x+25,91$ //Уравнение 2(12-20С)
 $y1_{02}=0x^3+0x^2-17x+25,91$ //Уравнение 3(20-25С)

В общем случае уравнение описывается кубическим полиномом и можно вводить коэффициенты при x^3 и x^2 . Для узких диапазонов зависимость линейная, поэтому коэффициенты при x^3 и x^2 нулевые. Линейность уравнений упрощает калибровку и поверку.

В четвертой главе диссертации рассмотрены теоретические и практические основы создания измерительных приборов для мониторинга гидрогеохимического режима основания плотины. Отдельные разделы посвящены рассмотрению вопросов разработки математической модели трансформаторного кондуктометра и ее метрологических

характеристик прямого измерения; результатов анализа и оценки изменения диапазона степени минерализации подземных вод; методов и технологии разработки и создания кондуктометра.

Безопасность эксплуатации высоконапорных плотин на растворимых породах во многом зависит от обоснованного выбора мероприятий по защите пород от растворения, высокоплотной противодиффузионной завесы и контроль за их работой, а также организации наблюдений за развитием физико-химических процессов в основании плотины.

Наблюдение за развитием физико-химического процесса в основании плотины лабораторно-химическим анализом является трудоёмким и затратным методом, а химический анализ проб, взятых из основания плотины, трудоемкий и затратный по времени. Быстро меняющиеся гидрогеохимические условия в основании плотины не поддаются оценке в реальном времени с применением лабораторно-химическим анализом, т.е. полученные результаты становятся не актуальными за период времени производства анализа проб. Одним из решений данной проблематики является применение кондуктометрического способа измерения.

Анализ и оценка результатов ранее проведенных автором, исследований ЭФС раствора поваренной соли позволил сделать вывод о том, что при измерении больших значений УЭП, наиболее эффективно использовать трансформаторный кондуктометр (рисунок 23).

Рассмотрим принцип работы трансформаторного (двухтрансформаторного) кондуктометра. Первичный трансформатор Tr_1 является питающим, индуцирующий магнитное поле в анализируемую среду и наводящий в ней ЭДС, в тоже время вторичный трансформатор Tr_2 является измерительным, питающей обмоткой которого является раствор с анализируемой жидкостью. При изменении ЭФС раствора, в нашем случае – концентрация поваренной соли, меняется ЭДС вторичной обмотки, что и служит мерой концентрации. На рисунке 3.1 $L_{1,2}$ – взаимоиндуктивность между первичной обмоткой трансформатора и раствором, $L_{3,4}$ – взаимоиндуктивность между

раствором и вторичной обмоткой трансформатора. На рисунке 24 представлена электрическая схема трансформаторного кондуктометра.

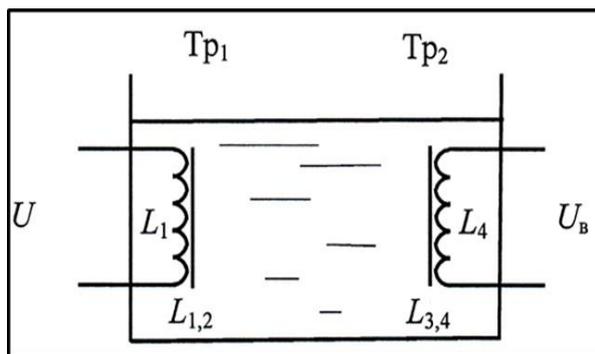


Рисунок 23. - Трансформаторный кондуктометр

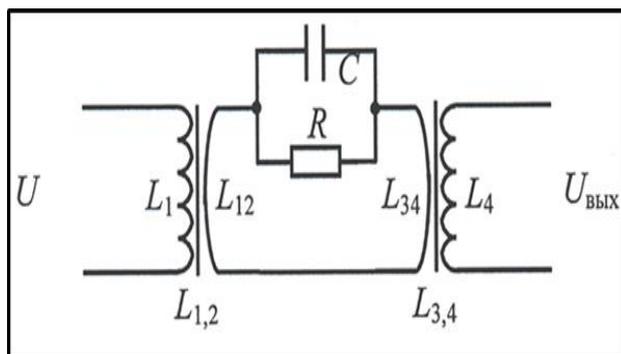


Рисунок 24. - Электрическая схема трансформаторного кондуктометра

Двухтрансформаторные кондуктометры реализуют следующие методы измерения: непосредственная оценка, компенсационные и сравнительные.

В электротехнике принято при анализе работы трансформатора использовать эквивалентную Т-образную схему замещения (рисунок 25). Параметрами этой схемы являются: R_1 , X_1 – активное и реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора; R_1' , X_1' – активное и реактивное сопротивление вторичной обмотки трансформатора; R_0 – сопротивление потерь в магнитопроводе; X_0 – реактивное сопротивление материала сердечника; Z_n – сопротивление нагрузки.

Различают два режима работы трансформатора: холостого хода и короткого замыкания.

В первом случае вторичная обмотка разомкнута, ток в ней равен нулю, а величина и форма тока холостого хода определяются магнитным потоком трансформатора и свойствами его магнитной системы (магнитными потерями). В режиме холостого тока вторичная обмотка замкнута, напряжение в ней равно нулю, а величина потерь определяется потерями в обмотках трансформатора. В нашем случае эквивалентную схему на рисунке 25 можно представить в следующем виде (при этом пренебрегаем сопротивлениями R_0 , R_1 и R_2), где параллельное соединение C и R моделируют ЭФС раствора поваренной соли (рисунок 26).

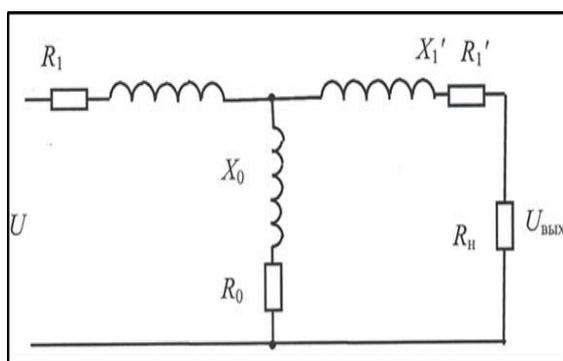


Рисунок 25. - Эквивалентная Т-образная схема замещения трансформатора

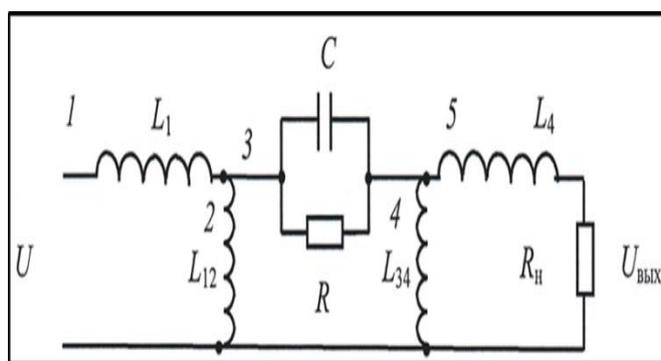


Рис. 26. - Эквивалентная схема трансформаторного кондуктометра

Для построения математической модели кондуктометра необходимо составить уравнение, связывающее выходной параметр кондуктометра (напряжение U или ток I) с УЭП раствором.

Выходное напряжение схемы на рисунке 26 U_b равно (U – напряжение питания):

$$U_B = U \frac{L_{12}(R_H^2 + \omega^2 L_4^2)}{L_1} \left[\frac{1}{\omega^2 [RL_4 + R_H(L_{12} + L_{34})]^2 + [RR_H - \omega^2 L_4(L_{12} + L_{34})]^2} R^2 - \right. \\ \left. - j \frac{\omega L_{12}}{\omega^2 [RL_4 - R_H(L_{12} + L_{34})]^2 + [RR_H - \omega^2 L_4(L_{12} + L_{34})]^2} R \right]. \quad (5)$$

Рассмотрим случай холостого хода трансформатора, когда $R_H \rightarrow \infty$, тогда $U_{B \text{ xx}}$ равно

$$U_{B \text{ xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left[\frac{1}{\omega^2 (L_{12} + L_{34})^2 + R^2} R^2 - j \frac{\omega L_{12}}{\omega^2 (L_{12} + L_{34})^2 + R^2} R \right]. \quad (6)$$

Обычно $R \gg \omega(L_{12} + L_{34})$, поэтому

$$U_{B \text{ xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j\omega L_{12} \frac{1}{R} \right) = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j \frac{\omega L_{12}}{A} \chi \right), \quad (7)$$

т.е. в режиме холостого хода действительная составляющая выходного напряжения не зависит от УЭП, а мнимая зависит, причём, прямо пропорционально.

Рассмотрим случай короткого замыкания трансформатора, когда $R_H \rightarrow 0$, тогда $U_{B \text{ кз}}$ равно (6) и (7), т.е. в режиме короткого замыкания действительная составляющая выходного напряжения не зависит от УЭП, а мнимая зависит, причём, прямо пропорционально.

Рассмотрим промежуточный случай, когда $R \approx R_H$, тогда при $RL_4 \gg \gg R_H(L_{12} + L_{34})$ и $RR_H \gg \omega^2(L_{12} + L_{34})$ снова получим уравнение (7).

Выходной ток схемы на рисунке 26 I_B равен:

$$I_B = U \frac{L_{12}(R_H^2 + \omega^2 L_4^2)}{L_1} \cdot \left\{ \frac{R^2 R_H - \omega^2 R L_{12} L_4 + \omega^2 R_H L_{34} (L_{12} + L_{34})}{[2\omega R R_H L_4 - \omega(L_{12} + L_{34})(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)]^2 + [R(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_H L_4 (L_{12} + L_{34})]^2} - \right. \\ \left. - j \frac{\omega R^2 L_4 + \omega R L_{12} L_4 + \omega R R_H L_{12} + \omega^3 L_{34} L_4 (L_{12} + L_{34})}{[2\omega R R_H L_4 - \omega(L_{12} + L_{34})(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)]^2 + [R(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_H L_4 (L_{12} + L_{34})]^2} \right\}. \quad (8)$$

Рассмотрим случай холостого хода трансформатора, когда $R_H \rightarrow \infty$, тогда $I_{B \text{ xx}}$ равно:

$$I_{B \text{ xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(\frac{R^2 + \omega^2 L_{34} (L_{12} + L_{34})}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} - j \frac{\omega R L_{12}}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} \right). \quad (9)$$

Обычно $R \gg \omega(L_{12} + L_{34})$ и $R^2 \gg \omega^2 L_{34} (L_{12} + L_{34})$, поэтому

$$I_{B \text{ xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j\omega L_{12} \frac{1}{R} \right) = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j \frac{\omega L_{12}}{A} \chi \right), \quad (10)$$

т.е. в режиме холостого хода действительная составляющая выходного тока не зависит от УЭП, а мнимая зависит, причём, прямо пропорционально.

Рассмотрим случай короткого замыкания трансформатора, когда $R_H \rightarrow 0$, тогда $I_{B \text{ кз}}$ равно:

$$I_{\text{в кз}} = U \frac{L_{12}}{\omega L_1 L_4} \left(-\frac{\omega L_{12}}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} R - j \frac{R^2 + \omega^2 R L_{34} (L_{12} + L_{34})}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} \right). \quad (11)$$

Обычно $R \gg \omega(L_{12} + L_{34})$ и $R^2 \gg \omega^2 L_{34}(L_{12} + L_{34})$, в результате чего получим

$$I_{\text{в кз}} = U \frac{L_{12}}{\omega L_1 L_4} \left(-\omega L_{12} \frac{1}{R} - j \right) = U \frac{L_{12}}{\omega L_1 L_4} \left(-\frac{\omega L_{12}}{A} \chi - j \right). \quad (12)$$

т.е. в режиме короткого замыкания действительная составляющая выходного тока зависит от УЭП, причём, прямо пропорционально, а мнимая – не зависит.

Рассмотрим промежуточный случай, когда $R \approx R_{\text{н}}$, тогда с учётом малости слагаемых $\omega^2 R_{\text{н}} L_{34} (L_{12} + L_{34})$ и $\omega^3 L_{34} L_4 (L_{12} + L_{34})$ уравнение (9) примет следующий вид:

$$I_{\text{в}} \approx U \frac{L_{12} (R_{\text{н}}^2 + \omega^2 L_4^2)}{L_1} \cdot \left\{ \frac{R^2 R_{\text{н}} - \omega^2 R L_{12} L_4}{\left[2\omega R R_{\text{н}} L_4 - \omega (L_{12} + L_{34}) (R_{\text{н}}^2 - \omega^2 L_4^2) \right]^2 + \left[R (R_{\text{н}}^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_{\text{н}} L_4 (L_{12} + L_{34}) \right]^2} - j \frac{\omega R^2 L_4 + \omega R L_{12} L_4 + \omega R R_{\text{н}} L_{12}}{\left[2\omega R R_{\text{н}} L_4 - \omega (L_{12} + L_{34}) (R_{\text{н}}^2 - \omega^2 L_4^2) \right]^2 + \left[R (R_{\text{н}}^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_{\text{н}} L_4 (L_{12} + L_{34}) \right]^2} \right\}. \quad (13)$$

Это уравнение в общем виде упростить не удаётся, поскольку все его слагаемые имеют примерно равный вес и их вклад в конечный результат зависит от конкретных величин всех параметров, входящих в это уравнение.

В результате математического моделирования трансформаторного кондуктометра прямого измерения:

- разработана математическая модель зависимости выходного напряжения трансформатора от сопротивления (УЭП), которая показала зависимость в режиме холостого хода и короткого замыкания от мнимой части комплексного сопротивления от УЭП раствора в первой степени;

- разработана математическая модель зависимости выходного тока трансформатора от сопротивления (УЭП), которая показала зависимость в режиме холостого хода от мнимой части, а в режиме короткого замыкания – от действительной части комплексного сопротивления от УЭП раствора в первой степени.

Исследования по определению предела изменения степени минерализации в пьезометрических скважинах для разрабатываемого трансформаторного кондуктометра рекомендуется ограничиться в диапазоне от 0,2 г/л до 300 г/л.

В таблице 6 приведены требования к разрабатываемому кондуктометру, параметры которых сформированы с учётом определения диапазона изменения степени минерализации подземных вод в пьезометрических скважин и конструктивных особенностей кондуктометра.

Таблица 6. - Требования к техническим характеристикам кондуктометра

№ п/п	Наименование параметров	Значение параметров
1	Диапазон измеряемых концентраций	0,2 ÷ 300 г/л
2	Точность измерения концентрации NaCl	± 0,1 г/л (в диапазоне 8-25°C)
3	Габариты погружного зонда	230 x 33 мм

В кондуктометре КАЛЬМАР использован тороидальный сенсор, не имеющий электроды. На рисунке 27 приведена структурная схема кондуктометра. Рассмотрим принцип действия конструкции. В возбуждающем тороиде генерируется переменный синусоидальный магнитный поток с помощью высокостабильного генератора синуса частотой 10-20 кГц и усилителя мощности. Если внутрь тороида попадает замкнутая проводящая среда (раствор NaCl), то в этой среде индуцируется (наводится) переменный ток, охватывающий оба тороида - возбуждающий и чувствительный.

Тороидальный ПИП состоит из ферритовых колец диаметром 22-25мм (внешний) с магнитной проницаемостью 5000 - 6000, $H = 1200$ А/м. Возможно применение пермалловых сплавов. Количество витков в первичной катушке 80 витков, а во вторичной катушки соответственно 120 витков.

Чувствительный тороид работает в режиме трансформатора тока. Его выход пропорционален току, текущему в жидкостном витке. В общем случае имеется общий фазовый сдвиг ϕ между возбужденным и принятым измерительным сигналом. Квадратурный детектор выделяет сигнал пропорциональный проводимости $\sin\phi$ и $\cos\phi$ и выводит их на регистратор (нетбук). Для получения концентрации в граммах на литр, сигнал $\cos\phi$, вместе с текущей температурой подставляется в таблицу концентрации, размещённой в ПЗУ (постоянном запоминающем устройстве) регистратора. Истинное значение концентрации вместе с температурой отображаются на дисплее регистратора.

Кондуктометр поставляется калиброванным на концентрацию водного раствора поваренной соли. Предусмотрена смена веществ путем замены рабочего файла.

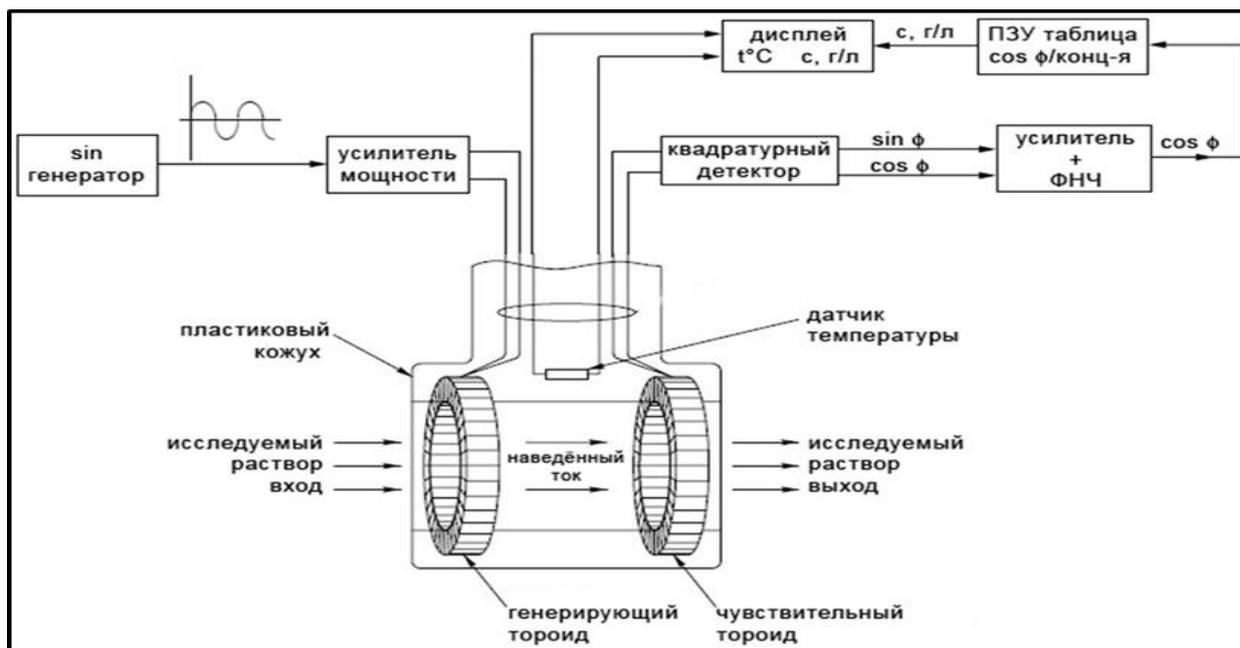


Рисунок 27. - Структурная схема кондуктометра

Автоматизированный процесс калибровки позволяет заказчику самостоятельно калибровать прибор на измерение концентрации других электролитов.

Прибор состоит из трёх основных частей: 1 - погружного зонда, опускаемого непосредственно в исследуемый раствор; 2 - регистратора, выполняющего математическую обработку, хранение и отображение данных посылаемых зондом (малогабаритный компьютер (нетбук) с операционной системой Windows и специализированной программой для кондуктометра); 3 - соединительного кабеля, осуществляющего связь регистратора с погружным зондом.

Техническая характеристика кондуктометров КАЛЬМАР приведена в таблице 7.

Кондуктометр КАЛЬМАР состоит из погружного зонда, регистратора и соединительного кабеля (рисунок 28). К регистратору соединительный кабель подключается посредством вспомогательного устройства соединённого с USB портом компьютера.

Таблица 7. - Техническая характеристика кондуктометра

Диапазон измеряемых концентраций	0,2 ÷ 300 г/л
Точность измерения концентрации NaCl	± 0,1 г/л (в диапазоне 8-25°C)
Диапазон измерения электропроводности	0,2 -600 мСм/см
Точность измерения электропроводности	±0,1 мСм/см
Диапазон измерения температуры	0 ÷ 45 °С
Точность измерения температуры	± 0,05 °С (0 ÷ 45 °С)
Интерфейс погружного зонда	RS-232 усиленный до 200 м
Интерфейс регистратора	USB
Период измерений	0,1 сек
Потребляемая мощность	0,16 Вт
Средний срок службы погружного зонда	5 лет
Средний срок службы регистратора	10 лет
Длина информационного кабеля	до 200 м
Масса погружного зонда	850 г
Габариты погружного зонда	230 x 33 мм
Габариты регистратора	270 x 170 x 30 мм



Рисунок 28. - Элементы кондуктометра

Погружной зонд (рисунок 29) состоит из двух отрезков пластиковой водопроводной трубы 1 и 2. Отрезки соединяются между собой резьбовым соединением при помощи стальной муфты 3. Стальная муфта 3 имеет сквозное отверстие для проводов. Сверху зонд имеет стальную заглушку 4 соединяемую также резьбовым соединением. В отрезок трубы 2 помещён индуктивный датчик 5 и датчик температуры. Оба датчика залиты эпоксидной смолой с целью их гидроизоляции. В трубе 1 расположена электронная часть погружного зонда 6 залитая наполнителем.

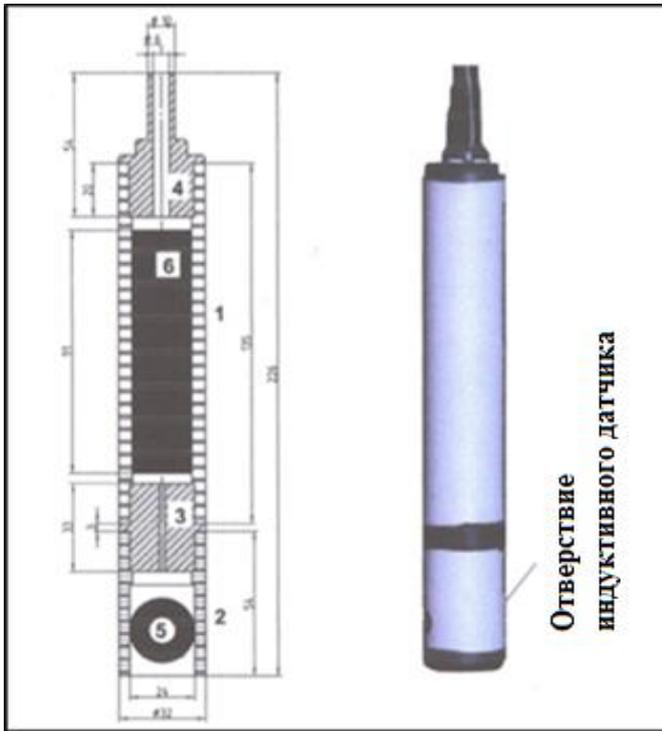


Рисунок 29. - Погружной зонд: 1,2-отрезки пластиковой водопроводной трубы, 3-стальная муфта, 4-стальная заглушка, 5-индуктивный и температурный датчик, 6-электронная часть

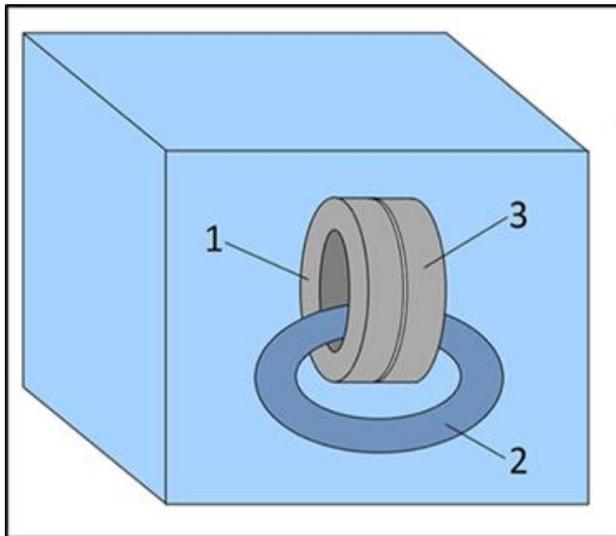


Рисунок 30. - Схема индукционного датчика: 1-первичная катушка индуктивного датчика, 2-переменный электрический ток, 3-вторичная катушка индуктивного датчика

быть преобразована в виде:

$$C_i = \varphi_i(\chi, t), \quad (15)$$

где $i = 1, 5, 10, \dots, 300$ -фиксированные концентрации растворов, г/л; χ - УЭП, См/м; t - температура воды, °С.

Семейство функций φ_i образуют линейно - независимый базис, т.е. эти функции, никак не связаны друг с другом в силу различных физических процессов происходящих на разных концентрациях и температурах. Каждая из функций изоконцентрат φ_i

Первичная катушка индуктивного датчика (1) создает переменное магнитное поле и, следовательно, электрическое напряжение в жидкости (рисунок 30). Под влиянием этого напряжения положительные и отрицательные ионы, содержащиеся в жидкости, приходят в движение, результатом чего является переменный электрический ток (2). Этот ток наводит переменное магнитное поле во вторичной катушке индуктивного датчика (3) и, соответственно, вызывает ток вторичной обмотки. Величина тока вторичной обмотки пропорциональна проводимости жидкости и измеряется погружным зондом.

Большинство промышленных кондуктометров работают на основе эмпирических табличных зависимостей, заложенных в EEPROM на основе индивидуальной калибровки.

Кондуктометр «Кальмар» работает по единой математической модели, получаемой методом наименьших квадратов (МНК) в аналитическом виде, что обеспечивает монотонность и высокую точность измерений. УЭП растворов веществ, в частности NaCl, описывается функцией трёх переменных:

$$F_{\text{NaCl}}(C, \chi, t) = 0, \quad (14)$$

где C – концентрация, г/л; χ - УЭП, мСм/см; t - температура, °С.

Чтобы избежать решения систем уравнений в частных производных, вводится понятие изоконцентрат или сечение поверхности (14) при $C = const$. Это позволяет фиксировать значение концентрации и зависимость (14) может

достаточно хорошо описывается полиномом второго порядка, в случае достаточно близкой окрестности измерений и фиксированной температуры:

$$C = a\chi^2 + b\chi + c, \text{ при } t = \text{const} \quad (16)$$

Вычисление коэффициентов a , b , c производится методом МНК или по интерполяционной формуле Лагранжа. Отметим что функции $\varphi_i(\chi, t)$ нигде не хранятся и их вычисление происходит в режиме реального времени всегда в близлежащих областях, что обеспечивает высокую точность. В файлах изоконцентрат хранятся функции $\varphi_i(\chi, t) = 0$ или

$$\chi = f(t) \text{ при } C_i = \text{const}. \quad (17)$$

Функции $\chi = at + b$ линейны в диапазоне температур 8 - 20 °С или описываются полиномами 3-5 порядка в расширенном температурном диапазоне.

Таким образом, математическая модель кондуктометра «Кальмар» состоит из фиксированной части уравнений изоконцентрата и вычисляемой части реальной концентрации методом наименьших квадратов. Вычисления производятся на 32 разрядном процессоре до 5-6 значащих цифр.

Файлы с уравнениями изоконцентрат. Эти файлы используют программой для вычисления концентрации раствора по текущей температуре и УЭП. Для каждого вещества экспериментально определяется новое семейство зависимостей. Результаты записываются в файл с именем вещества (таблице 8). Например, файл NaCl.txt содержит уравнения для работы с растворами поварённой соли. Могут сохраняться в любом месте.

Файлы с уравнениями содержат:

- заголовок вида $\chi = \text{NaCl}$, где NaCl - химическая формула вещества, для исследования которого предназначены уравнения;
- строки со значениями концентрации стандартного раствора (г/л) использовавшегося в процессе калибровки-параметр c .

Таблица 8. - Пример составления файла с уравнениями изоконцентрат

$\chi=\text{NaCl}$	$c=1$	$\chi=0,3317t+9,716$
	$c=4,983$	$\chi=1,5868t+54,742$
	$c=9,951$	$\chi=3,317t+97,16$
	$c=19,841$	$\chi=5,987t+189,77$
	$c=29,67$	$\chi=8,721t+267,37$
	$c=39,435$	$\chi=10,935t+347,94$
	$c=49,138$	$\chi=13,42t+421,3$
	$c=73,11$	$\chi=18,453t+595,78$
	$c=96,672$	$\chi=22,997t+743,41$
	$c=119,82$	$\chi=26,929t+881,4$
	$c=142,54$	$\chi=30,51t+992,73$
	$c=164,84$	$\chi=33,47t+1098,2$
	$c=186,72$	$\chi=36,196t+1177,2$
	$c=208,18$	$\chi=38,369t+1248$
	$c=229,22$	$\chi=40,67t+1298,7$
	$c=260,14$	$\chi=42,34t+1349,6$
	$c=299,89$	$\chi=45,21t+1391,9$

Далее следует уравнение температурной зависимости УЭП вида:

$$\chi = at + b, \quad (18)$$

где t - температура, °С; χ - УЭП в единицах прибора (A_OUT).

В пятой главе диссертации рассматриваются: теоретические и практические основы использования изменения геотермического режима земной коры; результаты разработки метода и системы контроля изменения теплового поля земной коры и расположения геотепловой завесы, метода определения коэффициента фильтрации в основании плотины и путей сосредоточенной фильтрации; теоретические и практические основы изменения гидрогеохимической особенности в основании высоконапорной плотины; результаты анализа и оценки геологических и гидрогеохимических условий в зоне залегания пласта соли; результаты натурных исследований изменения гидрогеохимического режима вокруг солевого пласта в зависимости от изменения уровня воды в реке Вахш; методология и результаты мониторинга опреснения, отжатия подземных минерализованных вод и появление гидронапорно-осмотической завесы.

Процесс теплопереноса водным потоком и изменения температуры по глубине был исследован геотермическим методом в основании строящейся плотины Рогунской ГЭС, по пьезометрическим скважинам, расположенным на левобережной части реки Вахш.

На участке солевого пласта левого берега реки Вахш были выполнены режимные температурные наблюдения по 12 створам. Общее количество пьезометров, задействованных в исследованиях - 29. Из них в 11 пьезометрах, по техническим причинам, исследования провести не удалось.

На рисунке 31 приведены графики распределения температуры по стволу пьезометрической скважины П-31 измеренные 2011 году, когда река Вахш еще не была перекрыта, т.е. река текла по своему старому руслу.

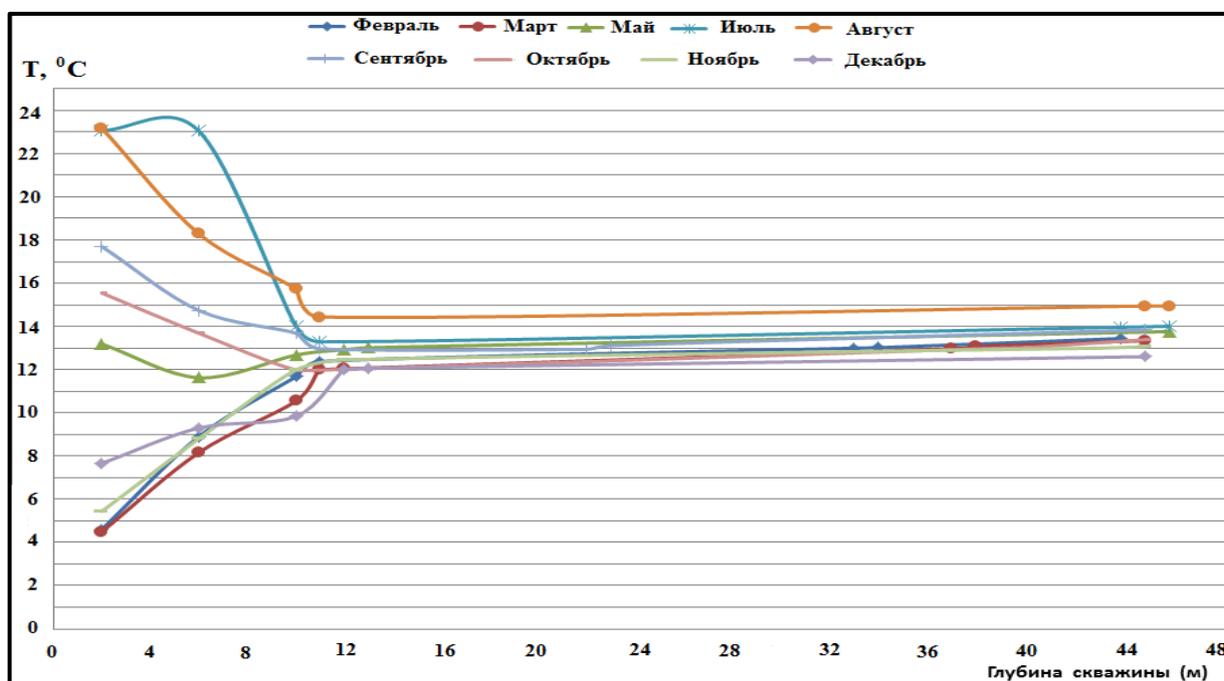


Рисунок 31. - Графики распределения температуры в пьезометрической скважине П-31 в 2011 г.

На основе полученных графиков, установлено, что в зависимости от сезонного изменения температуры и расхода воды в реке Вахш, резкое изменение температуры наблюдается в обводнённой части пьезометра, на глубине 10 -12 метров. На таких

глубинах теплопередача осуществляется в, основном, за счёт молекулярной теплопроводности, конвективное движение подземных вод и течением реки Вахш. При этом, следует отметить, что ниже глубины 12 метров температура изменяется стабильно линейно-нарастающим темпом.

Самое большое количество энергии Земля получает от Солнца, но значительная ее часть излучается обратно в пространство. Лишь малая доля солнечной энергии проникает в глубину земной коры. В то же время тепловое влияние солнечной энергии на процессы в недрах Земли весьма малы по сравнению с той энергией, которая выделяется внутренними источниками тепла. В настоящее время принято считать, что основным источником современной тепловой энергии в недрах Земли является радиоактивный распад долгоживущих изотопов.

На рисунке 32 приведена модель взаимодействия двух встречных потоков в земной коре.

Поглощённая энергия солнечного излучения земной корой превращается в тепловой поток $q_{z-тпси}$ и расходуется на нагрев приповерхностной части земной коры. Также тепловая энергия приповерхностной части посредством молекулярной теплопроводности и наземным водовоздушным течением возвращается в атмосферу Земли.

Тепловой поток солнечного излучения в приповерхностной части земной коры при распространении на глубину Земли встречается с встречным тепловым потоком $q_{z-тпнз}$, идущим из недр Земли. В результате встречи двух тепловых потоков появляется нейтральная поверхность, граница резкого изменения температуры.

Граница резкого изменения температуры - эта геотепловая завеса, разделяющая земную кору на зону аккумуляции солнечной энергии (приповерхностная часть земной коры) и зону аккумуляции теплового потока, идущего из недр Земли, определяемая интенсивностью солнечного излучения, скоростью и объёмом потока воды, которая течёт по руслу, средней теплопроводностью пород земной коры, теплоёмкостью подземных вод и встречным тепловым потоком, идущим из недр Земли.

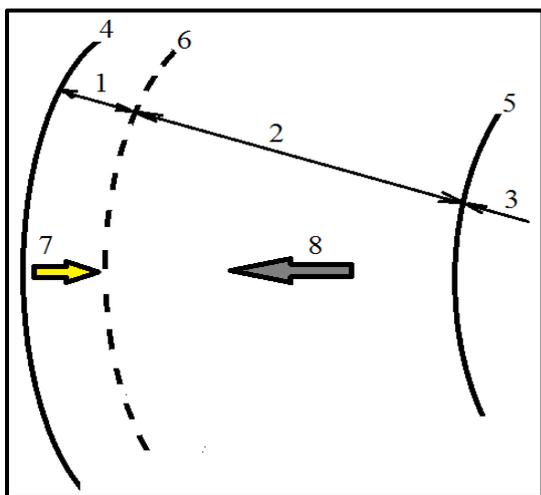


Рисунок 32. - Модель взаимодействия двух встречных тепловых потоков в земной коре (1 - приповерхностная часть земной коры (зона аккумуляции солнечной энергии), 2 - земная кора (зона аккумуляции тепловой энергии идущей из недр Земли), 3 - внешнее ядро Земли, 4 - поверхность Земли, 5 - граница внешнего ядра Земли, 6 - геотепловая завеса, 7 - поглощение солнечной энергии и превращение её в тепловую энергию ($q_{z-тпси}$), 8 - встречный тепловой поток идущий из недр Земли ($q_{z-тпнз}$))

При выполнении условия $q_{z-тпси} > q_{z-тпнз}$ геотепловая завеса перемещается вниз в глубину Земли, а при выполнении условия $q_{z-тпси} < q_{z-тпнз}$ геотепловая завеса приближается к поверхности Земли, свидетельствующее избыток тепловой энергии в недрах Земли.

При приближении геотепловой завесы к поверхности Земли объём зоны аккумуляции солнечной энергии уменьшается, ведущая к аномальному прогреву приповерхностной части земной коры, что становится одним из значимых причин: нагрева атмосферного воздуха; нарушения температуры снегообразования в начальный период

зимнего сезона; экстремальных дождевых осадков; наводнению; ураганам; деградации ледников; усиленному испарению поверхностной воды; засухи, а также увеличению площади лесных пожаров.

Геотепловая завеса по отношению к контуру Земли в территориальном плане имеет неравномерную глубину расположения, представляя собой форму неправильной сферы.

Следовательно, геотепловая завеса является физическим индикатором развития климатических условий к потеплению или же похолоданию климата на Земле.

В результате проведенных исследований, экспериментально установлено (для условий объекта исследований) ранее неизвестное физическое явление: возникновение геотепловой завесы, разделяющая 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 реки, скоростью наземного ветра, средней теплопроводностью пород земной коры, теплоёмкостью подземных вод и встречным потоком тепла от ядра Земли.

С целью установления достоверности распределения температуры в земной коре, определения точного расположения геотепловой завесы и величины геотермической ступени разработан метод и автоматизированная многоканальная измерительная система измерения температуры в реальном масштабе времени.

Разработанные автором метод и система предполагают бурение скважины глубиной до 200 метров в заранее выбранном месте земной коры и с установкой здесь термокося состоящей из 10 датчиков температуры. Первая группа датчиков T₁-T₅ с шагом от одного до пяти метров устанавливается в приповерхностной части скважины для измерения нагрева приповерхностной части земной коры от интенсивности солнечного излучения и глубины расположения геотепловой завесы. Вторая группа датчиков T₆-T₁₀ устанавливается на глубине 150 метров с шагом 10 метров для определения распределения температуры в земной коре и геотермической ступени, где исключено влияние внешнего воздействия на показания датчиков. Схема расположения температурных датчиков группы T₁-T₅ и T₆-T₁₀ приведена на рисунке 33.

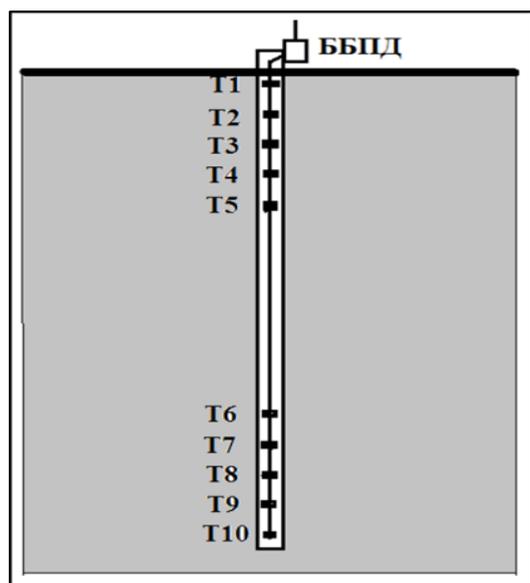


Рисунок 33. - Схема расположения температурных датчиков группы T₁₋₅ и T₆₋₁₀ в скважине

Все датчики T₁-T₁₀ подключены к системе контроля и накопления информации, находящиеся в беспроводном блоке передаче данных (ББПД). ББПД передаёт данные в центр обработки данных, где по этим данным составляют первое эмпирическое уравнение по показаниям группы датчиков температуры T₁-T₅ и второе по группам датчиков температуры T₆-T₁₀ следующего вида:

$$T_{1-5}(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (19)$$

$$T_{6-10}(k, n) = a_k h(k, n) + b_k, \quad (20)$$

где, a_i, b_i, a_k, b_n – коэффициенты эмпирического уравнения; h – глубина наблюдения изменения температуры по скважине; T₁₋₅, T₆₋₁₀ – температура; $i, k = 1 \div n$ – индекс выведения эмпирического уравнения; $j, n = 1 \div 5$ – количество точек измерения величины температуры по которым, выведено эмпирическое уравнение.

По группам температурных датчиков T₁-T₅ эмпирическое уравнение достаточно точно описывает изменение температуры в

приповерхностной части земной коры при нормальной погоде, и прослеживает глубину расположения геотепловой завесы. По группам температурных датчиков T_6-T_{10} эмпирическое уравнение определяет закономерности распределения температуры. Также можно определить глубину расположения геотепловой завесы.

Решение уравнений (19 и 20), позволяет выявить глубину расположения тепловой завесы определяющая минимальную температуру $T_{т3}$:

$$h(i, j) = \frac{T_{1-5}(i,j) - b_i}{a_i}, \quad (21)$$

$$h(k, n) = \frac{T_{6-10}(k,n) - b_k}{a_k}, \quad (22)$$

где, $T_{1-5}(i, j) = T_{6-10}(k, n) = t_{т3}$; a_i, b_i, a_k, b_k – коэффициенты эмпирического уравнения;
 $h(i, j) = h(k, n)$ – глубина расположения геотепловой завесы равной минимальной температуре $t_{т3}$.

По первому эмпирическому уравнению (19 и 21) определяется глубина расположения геотепловой завесы и её сезонное колебание по вертикальной плоскости, а также дневной (летняя аккумуляция теплоты солнечного излучения) и ночной (зимний) теплообмен приповерхностной части земной коры с атмосферным воздухом.

По второму эмпирическому уравнению (20 и 22) определяется распределение температуры в земной коре, за геотепловой завесой и изменение геотермической ступени в течение года и в последующие периоды.

Совместное решение обоих уравнений даёт точное расположение тепловой завесы и её сезонные вариации в период наблюдений.

Таким образом, метод и система контроля изменения теплового режима земной коры позволяет определить: глубину расположения геотепловой завесы; объём зоны аккумуляции солнечной энергии в приповерхностной части земной коры; направление теплового потока; изменения геотермической ступени в земной коре; определить изменения закономерности распределения температуры в земной коре в темпе наблюдений; определить дневные - летние накопления солнечной энергии в земной коре, а также ночную – зимнюю теплоотдачу в атмосферу; определить остаточное тепло в земной коре в течение года и последующие периоды; определить влияние крупных природных и техногенных объектов на изменение теплового режима земной коры, а также - составить эмпирические уравнения в любое заданное время.

Изучение фильтрации воды в грунтах, различных пористых материалов и скальное основание высоконапорных плотин представляет большой практический интерес при решении многих инженерных задач в области гидротехники.

Как известно, скорость фильтрации v при ламинарном движении жидкости в порах грунта подчиняется закону Дарси

$$v = kI = -k \frac{dh}{dx}, \quad (23)$$

где k — коэффициент фильтрации, см/с; $I = -\frac{dh}{dx}$ - градиент напора, под действием которого происходит движение воды. Скорость фильтрации v является осредненной характеристикой движения воды.

Как известно, применение закона Дарси (23) при формировании пути сосредоточенной фильтрации (канальная фильтрация) в скальных трещиноватых породах основания высоконапорной плотины, где движение фильтрующейся воды примет характер турбулентности, не приемлем.

Применение теории тепломассопереноса позволяет определить скорость фильтрации при ламинарном и турбулентном характере движения жидкости.

Массоперенос в обязательном порядке сопровождается теплопереносом. Теплоперенос при ламинарном и турбулентном движении жидкости зависит от скорости фильтрации. Чем больше скорость фильтрации, тем больше скорость теплопереноса и глубина изменения температуры.

Движение фильтрационных вод через грунты и скальные, горные породы сопровождается теплопереносом из окружающей породы. Если измерять температуру в стволе пьезометра, наблюдается минимум значения температуры равной температуре теплоносителя $t(i)=t_{тн}$ (рисунок 34).

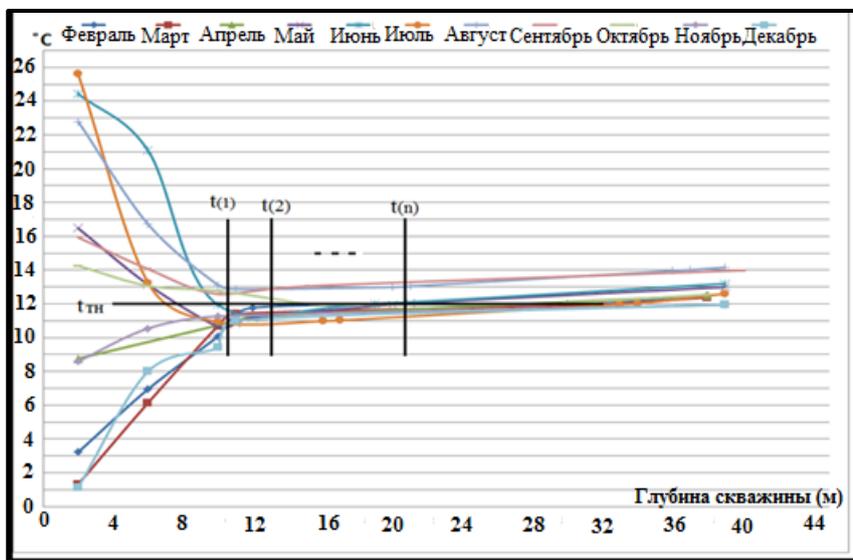


Рисунок 34. - График изменения температуры воды в П-33

глубине в основании плотины, можно определить коэффициент фильтрации следующим образом:

$$K_i = \frac{\Delta h_{тн}}{\Delta T} \quad (24)$$

где, $\Delta h_{тн} = h(i + 1) - h(i)$ – интервал выравнивания температуры до температуры теплоносителя при повышении напора в водохранилище на величину ΔH_i ; $\Delta T = T(i + 1) - T(i)$ – время, в течение которого фиксируется значение $\Delta h_{тн}$; $i = 1 \div n$ – индекс выведения эмпирического уравнения.

Формула (24) по своей сути, является аналогом закона Дарси, позволяющая вычислить коэффициент фильтрации в скальных основаниях высоконапорных плотин при ламинарных и турбулентных потоках во время строительства и эксплуатации сооружения. Движение фильтрационных потоков и теплоперенос в основании плотины можно описать следующим образом:

$$t(i) = a h(i) + b, \quad (25)$$

где, t – температура; h – глубина минимальной температуры равной температуре теплоносителя; a, b – коэффициенты эмпирического уравнения,

В случае появления путей сосредоточенной фильтрации в основании плотины, теплоперенос ускоряется и область, в которой температура понижается до температуры теплоносителя, заметно увеличивается $t_{тн} \rightarrow t(i)$.

В основании плотины можно по створно организовать наблюдения за изменением температуры в вертикальной плоскости по глубине (рисунок 35). Поскольку температурное поле в основании плотины является стабильным, где внешние источники тепла не влияют на его изменение, кроме теплоносителя (вода), можно на несколько порядков точнее измерить коэффициент фильтрации.

При постепенном повышении напора в водохранилище возможно появление зоны сосредоточенной фильтрации в основании плотины, теплоперенос ускоряется и вследствие этого происходит снижение температуры до температуры теплоносителя $t_{тн}$. Теплоносителем в данном случае является фильтрующаяся вода.

Применяя теорию теплопереноса и выбор створа наблюдения по

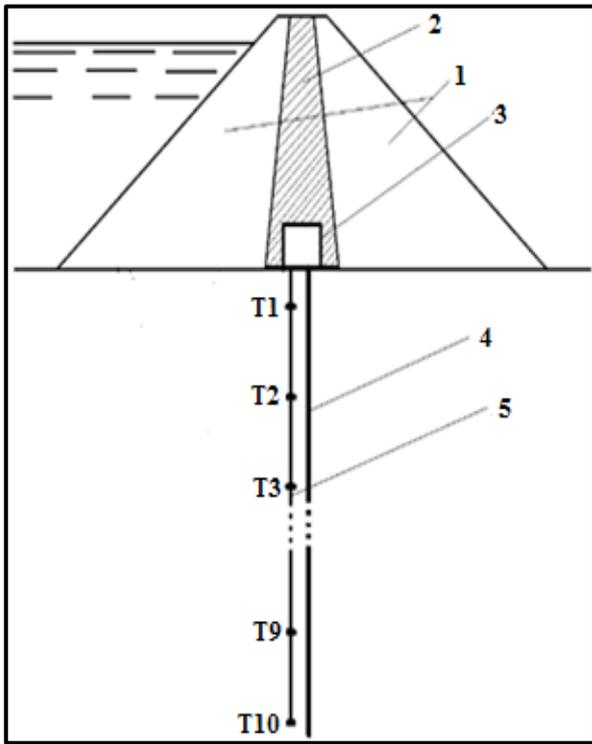


Рисунок 35. - Схема размещения температурных датчиков в основании плотины (1- упорные призмы, 2-ядро плотины, 3- смотровая галерея, 4-противодиффузионная завеса, 5-температурные дат-чики в количестве 10 шт., с шагом 10 м)

эмпирического уравнения; $h(i, j)$ – глубина выравнивания температуры до температуры теплоносителя $t_{тн}$.

В таблице 9 приводится схема и алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения и его использования.

Таблица 9. - Алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения и его использования

№ п/п	Количество точек	Эмпирические уравнения	Решение	$\Delta h_{тн}$ при $T(i+1) - T(i)$
1	T1÷T10	$t(i, 1)=a_i h(i,1) + b_i$	$h(i,1)= t(i, 1) - b_i/a_i$	$h(i+1,1)- h(i,1)$
2	T2÷T10	$t(i, 2)=a_i h(i,2) + b_i$	$h(i,2)= t(i, 2) - b_i/a_i$	$h(i+1,2)- h(i,2)$
3	T3÷T10	$t(i, 3)=a_i h(i,3) + b_i$	$h(i,3)= t(i, 3) - b_i/a_i$	$h(i+1,3)- h(i,3)$
4	T4÷T10	$t(i, 4)=a_i h(i,4) + b_i$	$h(i,4)= t(i, 4) - b_i/a_i$	$h(i+1,4)- h(i,4)$
5	T5÷T10	$t(i, 5)=a_i h(i,5) + b_i$	$h(i,5)= t(i, 5) - b_i/a_i$	$h(i+1,5)- h(i,5)$
6	T6÷T10	$t(i, 6)=a_i h(i,6) + b_i$	$h(i,6)= t(i, 6) - b_i/a_i$	$h(i+1,6)- h(i,6)$
7	T7÷T10	$t(i, 7)=a_i h(i,7) + b_i$	$h(i,7)= t(i, 7) - b_i/a_i$	$h(i+1,7)- h(i,7)$
8	T8÷T10	$t(i, 8)=a_i h(i,8) + b_i$	$h(i,8)= t(i, 8) - b_i/a_i$	$h(i+1,8)- h(i,8)$

Когда температура теплоносителя достигает точки T1, то при выведении эмпирического уравнения следующей уровня точка T1 исключается. Таким образом, постепенное увеличение зоны температуры теплоносителя накрывающее точку T1 до точки T8, последовательно температурные точки при выведении уравнения следующего уровня исключаются.

Режимные наблюдения в основание плотины Рогунской ГЭС за уровнем подземных вод и их химизмом в изыскательных скважинах (рисунки 36 и 37) производились с 1968 по 1977 годы.

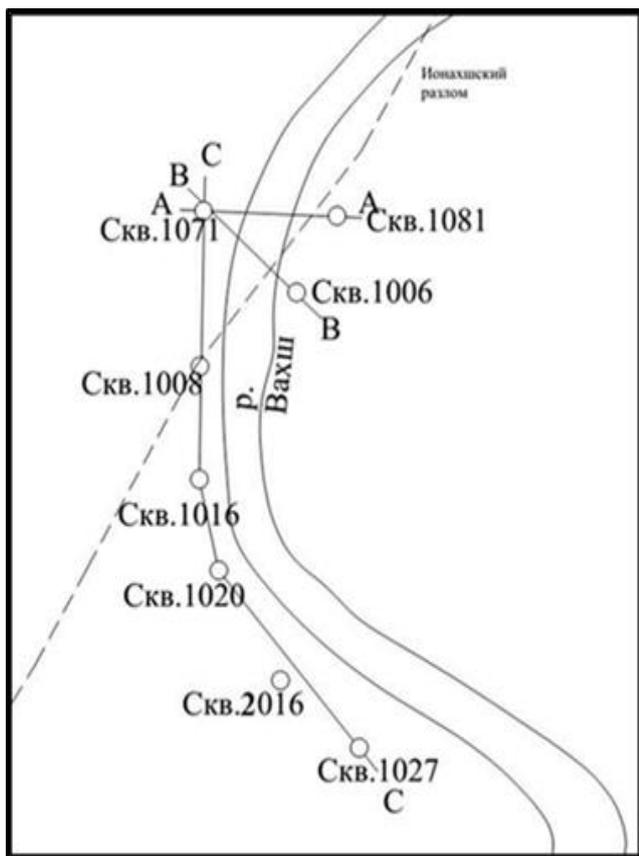


Рисунок 36. - Схема расположения скважин (масштаб 1:10000)

В породах юры и нижнего мела, т.е. в нижнем бьефе, распространение высокоминерализованных хлоридных вод в виде полосы, вытянутой вдоль пласта соли, может быть объяснено многими причинами, но в настоящее время из-за недостаточности фактологического материала утверждать о приоритетных факторах не представляется возможным.

Изменение минерализации подземных вод в зависимости от изменения пьезометрического уровня рассмотрим на примере пьезометрической скважины П-29^а за 2013 и 2014 г.г. (рисунки 38 и 39). Из приведенных графиков видно, что при положительном изменении гидравлического градиента происходит опреснение подземных минерализованных вод, а при отрицательном изменении гидравлического градиента происходит отжатие минерализованных вод.

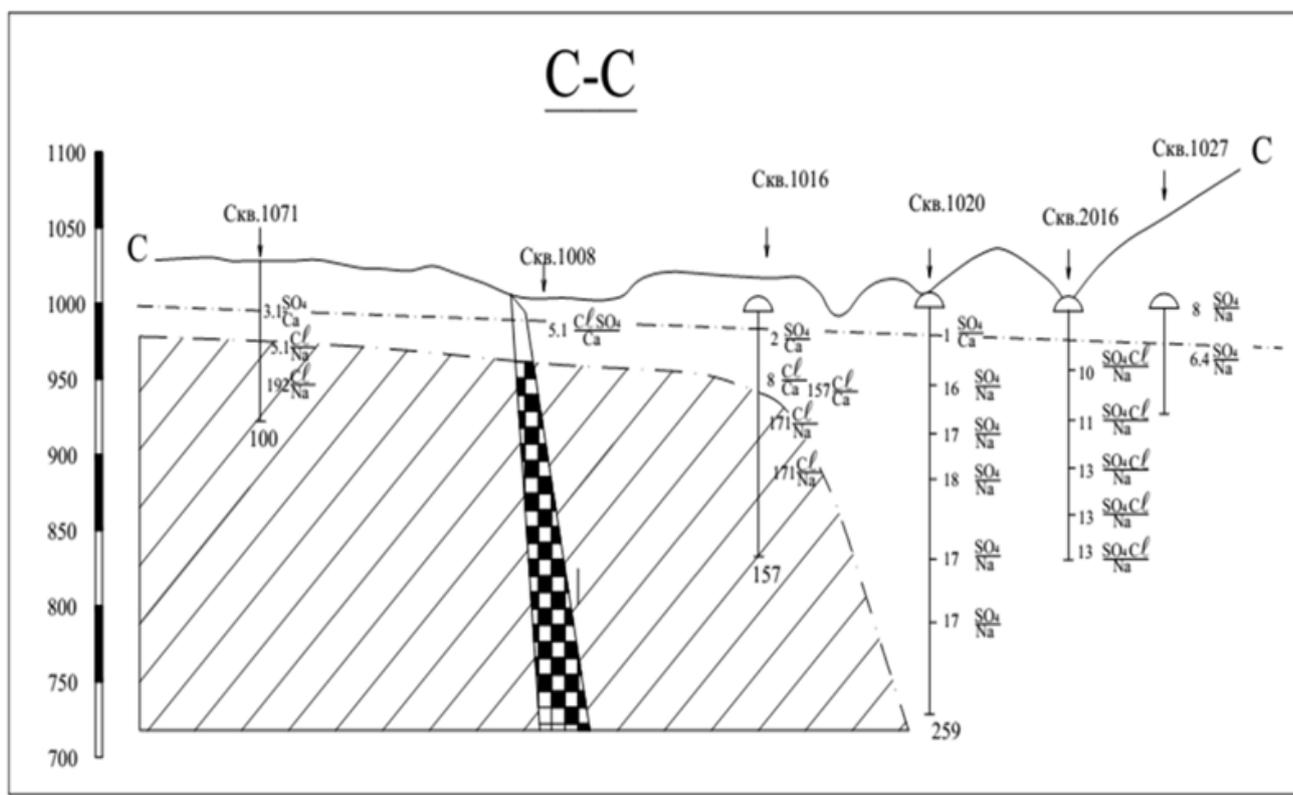


Рис. 37. - Распределение уровня минерализации подземных вод (масштаб 1:5000)

При понижении гидростатического давления происходит гидратация молекул воды в ионном составе раствора минерализованных вод (отжатие минерализованных вод).

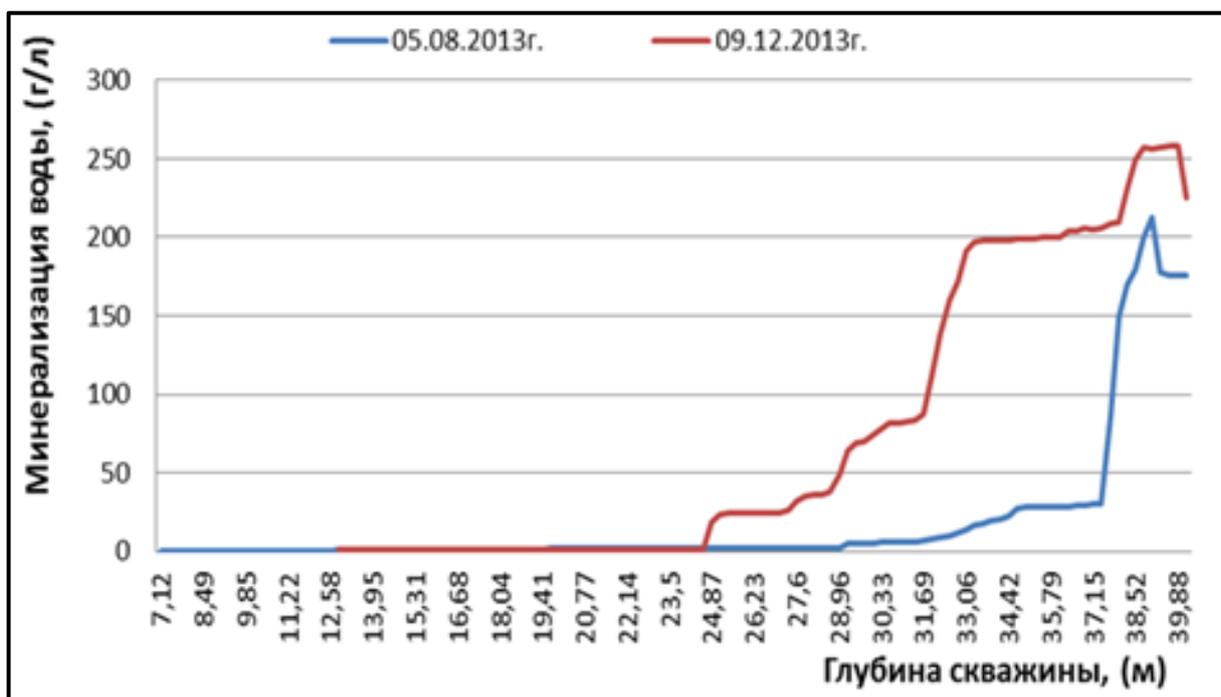


Рисунок 38. - График отжатия минерализованных вод в пьезометрической скважине П-29^а

При повышении гидростатического давления происходит дегидратация молекул воды из ионного состава раствора минерализованных вод (опреснение минерализованных вод).

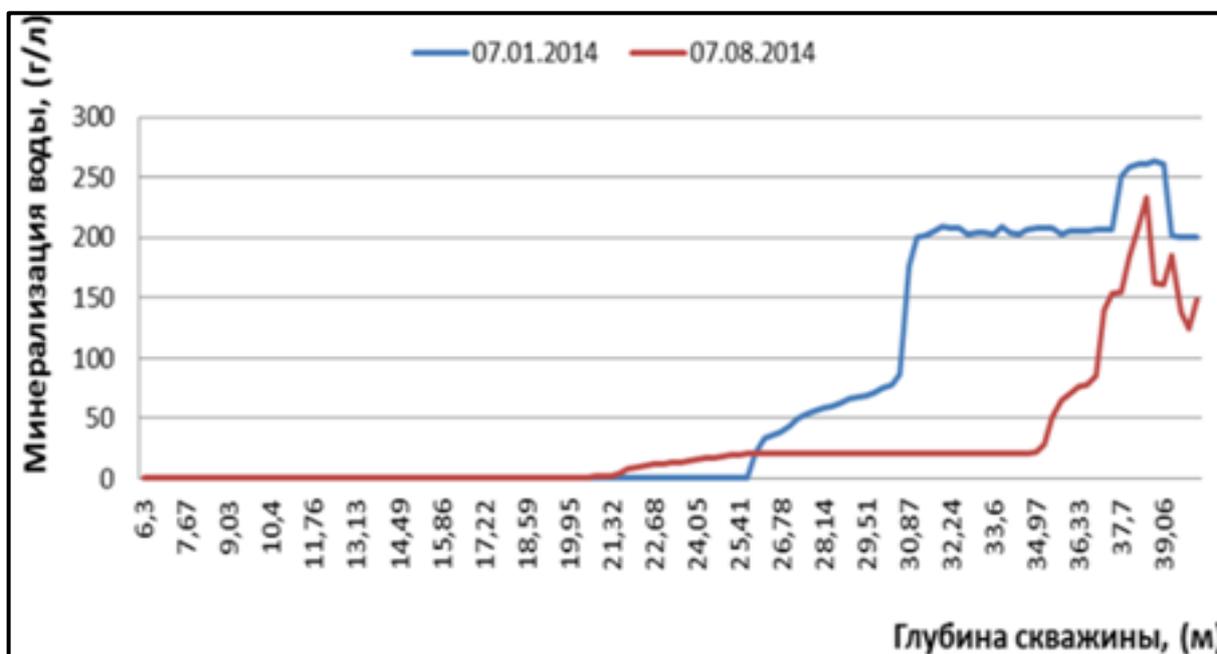


Рисунок 39. - График опреснения минерализованных вод в пьезометрической скважине П-29^а

Гидратация молекул воды в ионном составе раствора минерализованных вод ведет к уменьшению осмотического давления подземных минерализованных вод, а дегидратация молекул воды из ионного состава раствора минерализованных вод

способствует повышению осмотического давления. Осмотическое давление - давление стремится уравнивать концентрации обоих растворов, вследствие встречной диффузии молекул растворённого вещества и растворителя.

В нашем случае, между менее минерализованными и сильноминерализованными подземными водами появляется завеса, определяемая равновесным соотношением между гидростатическим и осмотическим давлениями. В зависимости от величины гидростатического давление завеса может изменить своё положение, служащая границей между менее минерализованными и сильноминерализованными подземными водами.

Суть выявленного нами, физического явления заключается в том, что при понижении уровня воды в реке Вахш на величину $-\Delta h_{\text{воды}}$, гидростатическое давление $P_{\text{гст}}$ становится меньше осмотического давления $P_{\text{осм}}$ подземных минерализованных вод ($P_{\text{гст}} < P_{\text{осм}}$) и поток молекул воды направляется в сторону сильноминерализованных вод (прямой осмос – отжатие минерализованных вод), который приведёт к снижению концентрации, смещению расположения завесы на величину $+\Delta h_{\text{завесы}}$ и прекращению массопереноса молекул воды.

В случае повышения уровня воды в реке Вахш на величину $+\Delta h_{\text{воды}}$ гидростатическое давление $P_{\text{гст}}$ становится больше осмотического давления $P_{\text{осм}}$ подземных минерализованных вод ($P_{\text{гст}} > P_{\text{осм}}$) и поток молекул воды направляется в сторону менее минерализованных вод (обратный осмос – опреснения минерализованных вод), который приводит к повышению концентрации, смещению расположения завесы на величину $-\Delta h_{\text{завесы}}$ и прекращению массопереноса молекул воды.

Соотношение гидростатического и осмотического давлений и формирование завесы между ними можно описать в следующем виде:

$P_{\text{гст}} < P_{\text{осм}}$ - отжатие (снижение концентрации) подземных минерализованных вод,

$P_{\text{гст}} = P_{\text{осм}}$ - завеса между менее и сильноминерализованными водами (массоперенос молекул воды отсутствует),

$P_{\text{гст}} > P_{\text{осм}}$ - опреснение (повышение концентрации) подземных минерализованных вод.

Поскольку завеса появляется в результате равновесного соотношения между гидростатическим и осмотическим давлениями, то её можно назвать гидронапорно-осмотической завесой.

На рисунке 37 показана чёткая граница между менее минерализованными и сильноминерализованными водами, имеющими горизонтальное положение и дальше, оно приобретает вертикальное расположение, подтверждающее, что гидронапорно-осмотическая завеса между менее минерализованными и сильноминерализованными водами может существовать в горизонтальном, вертикальном и в наклонном положениях.

По результатам реализованных автором исследований, проведённых в 2013-2015 годах, с целью выявления физической зависимости между опреснением подземных минерализованных вод и уровнем гидростатического давления (пьезометрического уровня) по характерным пьезометрам составлена график изменения глубины опреснения подземных минерализованных вод от изменения уровня гидростатического давления (рисунок 40).

На основании полученных результатов выведено следующее эмпирическое уравнение:

$$Y = 0,1772X + 2,8673. \quad (28)$$

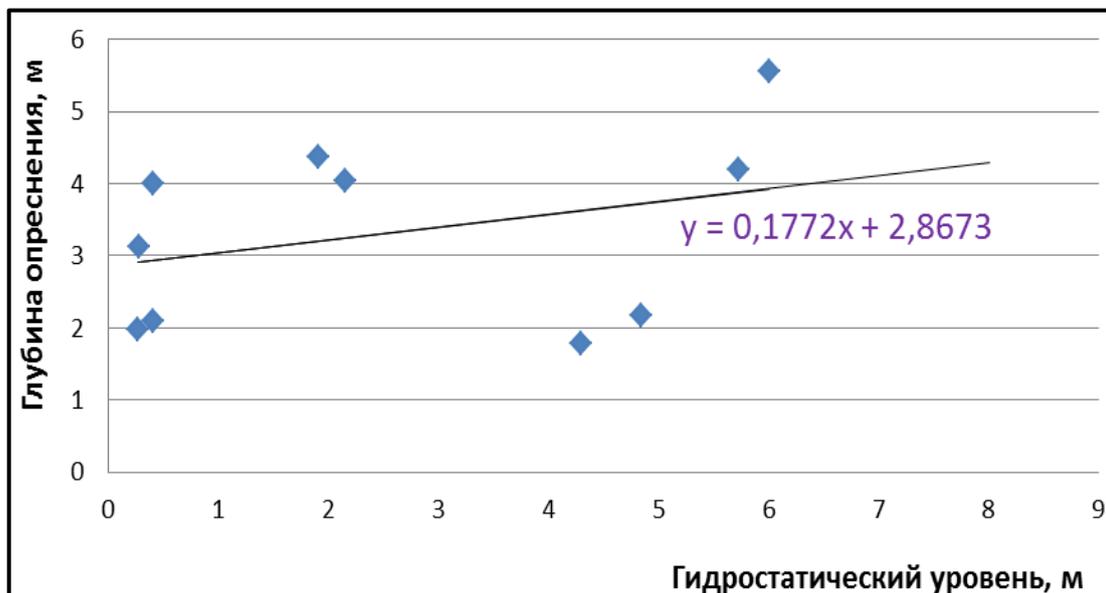


Рисунок 40. - График изменения глубины опреснения минерализованных вод от гидростатического уровня

Повышение гидростатического давления (уровень верхнего бьефа) ведущее к увеличению глубины опреснения подземных минерализованных вод, свидетельствует об отсутствии путей сосредоточенной фильтрации в основании плотины.

В шестой главе диссертации рассматриваются теоретические и практические основы анализа и оценки процесса эксплуатации временной солевой завесы на левобережной части солевого пласта Рогунской ГЭС; результаты разработки управляемого противосуффозионного устройства за оголовком солевого пласта и управляемого перехвата обходных фильтрационных потоков дренажными устройствами; оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников на опытном участке трансформаторного помещения Рогунской ГЭС, а также представлены разработанные рекомендации по созданию высокоплотной противо-фильтрационной завесы в основании плотины Рогунской ГЭС.

Полученные результаты исследований, изложенные в предыдущих главах диссертационной работы, позволяют утверждать, что повышение риска чрезвычайной ситуации на исследуемом участке гидроузла, связано с тем, что в проекте Рогунской ГЭС (рисунок 41), ось верховой строительной перемычки 3 размещена, прямо над Ионахшским разломом 2, вмещающего пласт соли, который проходит через основание верховой строительной перемычки от левого берега реки Вахш 1 к правому берегу и способствует тому, что обе стороны солевого пласта оказываются в зоне интенсивного фильтрационного потока.

Принцип работы такой завесы заключается в том, что вдоль пласта соли, с обеих сторон, на длине защищаемого участка основания перемычки устраиваются солевые скважины, с подачей в них строго дозированного концентрированного рассола. Постоянное возмещение бытового солевого пласта в основании перемычки, создает устойчивую гидрохимическую среду и способствует сохранности солевого пласта на защищаемом участке при расчетных исходных данных.

Идея этого решения в принципе созвучна с заложенным в основной проект защитой, но, учитывая необходимость двухсторонней защиты солевого пласта от размыва, она представлена в более сложном варианте с точки зрения технологичности, способов контроля и степени надежности.

Анализ и оценка процесса эксплуатации временной солевой завесы позволил сделать вывод о том, что предложенный вариант технического решения по защите

солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС является трудозатратным, ненадёжным и представляет собой источник риска жизни техническому персоналу во время эксплуатации. С учетом вышеизложенного нами в рамках реализации цели и задач диссертационной работы предлагается вариант управления гидрогеохимическим режимом за счет создания системы защиты солевого пласта на основе установленного физического явления т.е. возникновение гидронапорно - осмотической завесы между менее и сильноминерализованными подземными водами.

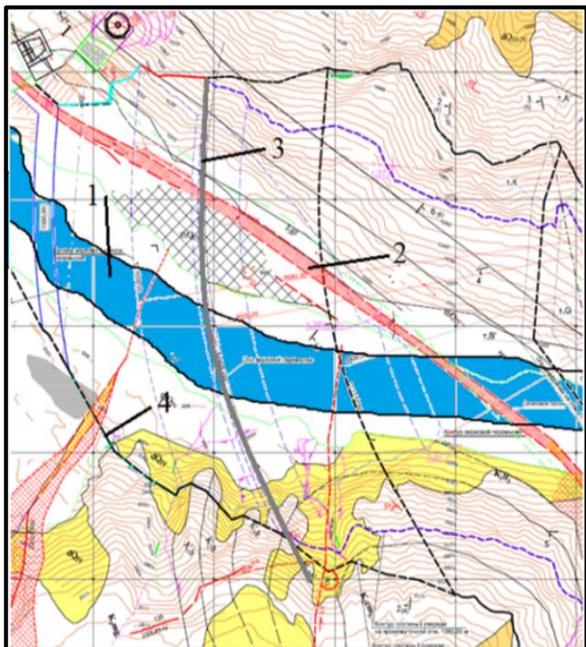


Рисунок 41. - План размещения верхней перемычки: 1- река Вахш, 2 – Ионахшский разлом, 3 – ось верхней перемычки, 4 – контур плотины первой очереди

В процессе исследований, автором разработан вариант (способ и устройство) защиты солевого пласта от растворения в составе солезакщитного комплекса признанный на уровне изобретения, позволяющие уменьшить давление фильтрационных вод на оголовке солевого пласта, путём перехвата пресных фильтрационных потоков в зоне оголовка солевого пласта и прижатием минерализованных вод к телу солевого пласта (рисунок 42).

Перехват пресных фильтрационных вод осуществляется за счет того, что из штольни (2) располагающаяся между солевым пластом (3) и противо-фильтрационной завесой 6 в основании плотины 1, пробуривается ряд скважин 4 в сторону оголовка пласта соли, выше защитного цементационного слоя 5 на всю длину защищаемого участка, способствующие сифонному перехвату пресных вод через штольню и сбросом в нижний бьеф сооружения посредством системой трубопроводов.

Для снижения отрицательного воздействия пресного фильтрационного потока на солевой пласта в основании плотины, из штольни 2 пробуриваются ряд скважины 4, в сторону выше расположенного защитного цементационного слоя оголовка солевого пласта 3. Скважины обустраиваются стальными перфорированными трубами. Этими скважинами перехватываются пресные фильтрационные потоки и через штольню 5 по системам трубопроводов сбрасываются в нижний бьеф сооружения.

Регулирующие вентили 8 (рисунок 43) вмонтированные в оголовок ряда скважин 4 позволяют обеспечить равномерный объём перехвата фильтрационных потоков, вследствие которого давление напора воды в зоне противофильтрационной завесы превышает давление напора воды в ряде скважин 4.

По всей длине защищаемого участка солевого пласта создаётся градиент напора между рядом скважинам 6 и противофильтрационной завесой, что обеспечивает прижатие минерализованных вод к телу солевого пласта, как следствие, это сводит к минимуму его растворение и суффозию.

После наполнения водохранилища и образования устойчивого гидрогеохимического режима за солевым пластом регулирующие вентили в системе перехвата фильтрационных вод закрываются.

Исследованиями выявлены значимые преимущества предложенного способа и устройства, заключающееся в следующем: достигается повышение надёжность защиты

солевого пласта от растворения и суффозии; уменьшается стоимость производства работ по защите пласта от растворения в строительный и эксплуатационный периоды; исключаются постоянные затраты в период эксплуатации сооружения; сохраняется гидрогеохимический режим в основании ядра плотины и этим обеспечивает безопасность эксплуатации сооружения.

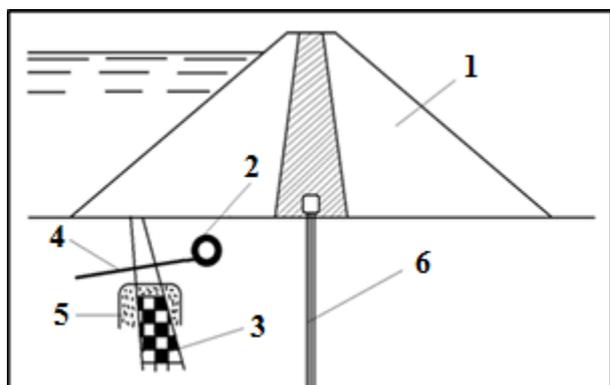


Рисунок 42. - Система защиты солевого пласта (1- плотина, 2- солевая штольня, 3- солевой пласт, 4- ряд скважины для перехвата пресных фильтрационных вод, 5- цементационный защитный слой, 6- противofiltrационная завеса)

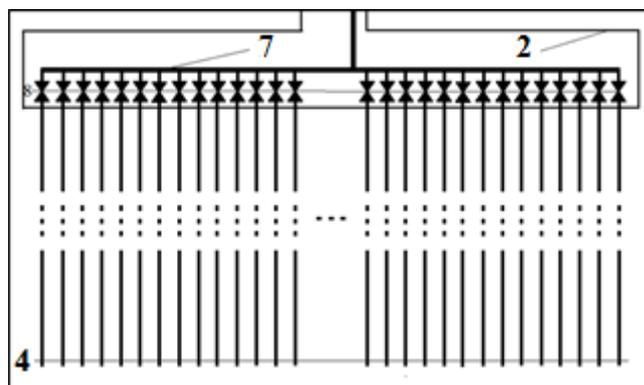


Рисунок 43. - Схема расположения скважин в солевой штольне (2- солевая штольня, 4- ряд скважин для перехвата пресных фильтрационных вод, 8- регулирующие вентили, 7- системы отводящих трубопроводов)

В связи с тем, что разлом №35 из основания плотины проходит по обоим бортам вблизи задней грани ядра плотины и является относительным водупором, то фильтрационные потоки могут привести к повышению фильтрационных давлений в зоне примыкания плотины к бортам и повышению депрессионной поверхности в теле плотины.

Автором предложена схема, позволяющая решение проблемы перехвата обходных фильтрационных потоков на примере плотины Рогунской ГЭС. Продольный разрез плотины 6 Рогунской ГЭС представлен на рис. 44, состоящий из упорных призм 7 и ядра плотины 8. За ядром плотины по левому и правому бортам проходит разлом 9 (№35), который перегораживает пути обходных фильтрационных потоков.

С целью недопущения сосредоточения обходных фильтрационных вод в сторону плотины предложена система перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин, схема которых приведена на рис. 45. Данный вариант, позволит уменьшить фильтрационное давление в зоне примыкания плотины к бортам и понижению депрессионной поверхности в теле плотины.

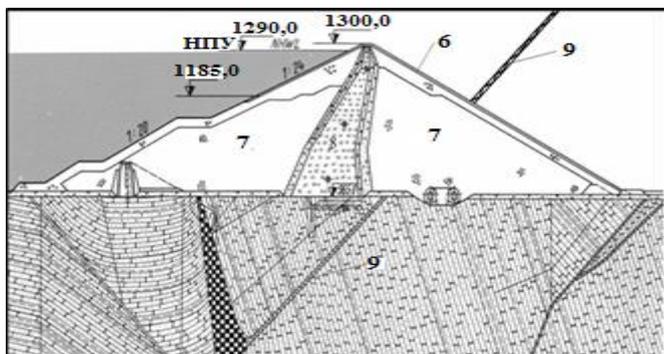


Рисунок 44. - Продольный разрез основной плотины Рогунской ГЭС

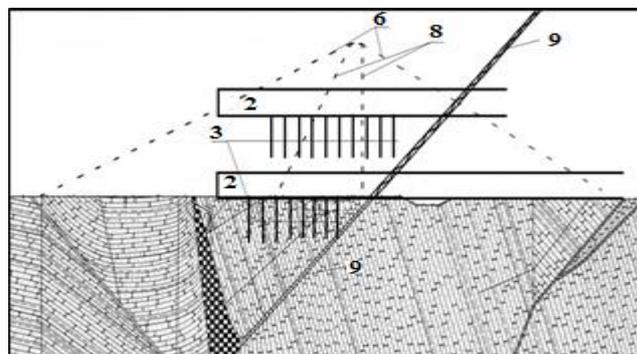


Рисунок 45. - Размещения системы перехвата фильтрационных вод на основной плотине Рогунской ГЭС

Основной задачей, в сложившейся ситуации, является обеспечение организованного перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин, проходящих через левые и правые борта плотины в горные породы, отвода в нижний бьеф фильтрационных вод и понижение депрессионной поверхности в теле высоконапорных земляных плотин.

Сущность предлагаемого варианта технического решения состоит в том, что организованный перехват обходных фильтрационных потоков осуществляется системой дренажа по обеим бортам высоконапорной земляной плотины до непроницаемого разлома и отвод вод в нижний бьеф сооружения по лотку, позволяющему, уменьшит фильтрационное давление в зоне примыкания плотины и бортов плотины, понизит депрессионную поверхность в теле высоконапорной земляной плотины, а также повысит сейсмическую устойчивость плотины.

Поперечный разрез системы перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин, представлен на рис. 46, который состоит из четырёх дренажных туннелей с железобетонными обделками 2, проходящими по левым и правым бортам на двух уровнях высоконапорной земляной плотины, включающие в себя систему скважин пробуренных вниз 3, для сифонного перехвата фильтрационных вод в лоток 4 для сбрасывания вод в нижний бьеф сооружения.

Проходка четырёх дренажных туннелей 2 с лотком 4 осуществляется со стороны нижнего бьефа в сторону верхнего бьефа на двух уровнях, проходя намного дальше от тела ядра плотины 1, обеспечивая пространство для размещения системы скважин 3. При этом, скважины пробуриваются дальше от тела ядра плотины 1, в сторону верхнего бьефа.

Следует особо подчеркнуть работу системы, заключающийся в том, что обеспечивается надёжный и организованный сифонный перехват обходных фильтрационных вод в дренажных туннелях 2 осуществляют скважинами 3 и сбрасывают через лоток 4, в нижний бьеф сооружения.

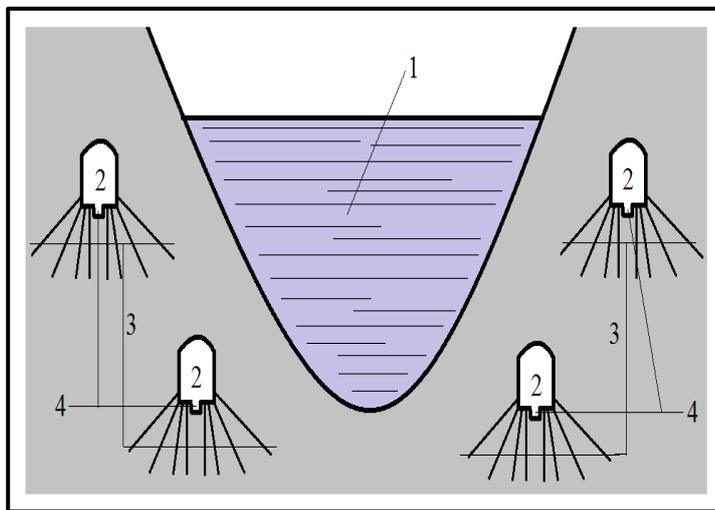


Рисунок 46. - Поперечный разрез размещения дренажных туннелей

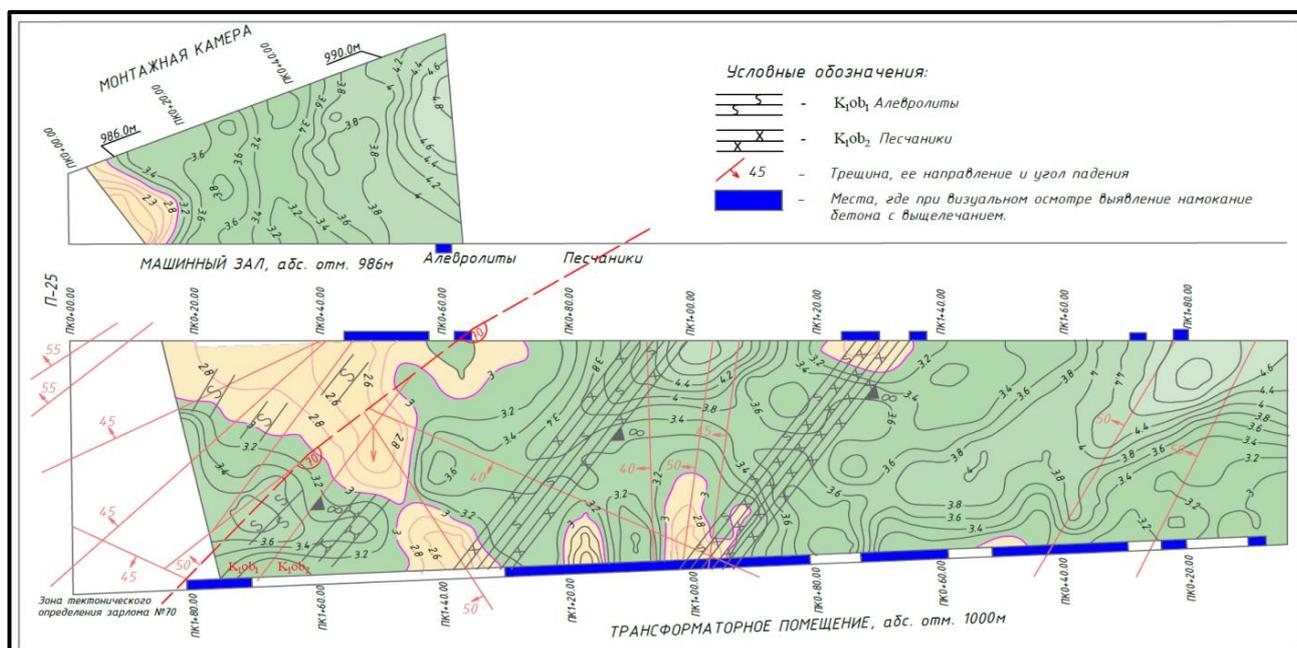
Объем перехваченных вод регулируется количеством скважин и их глубиной в дренажном туннеле, и доводится до уровня предусмотренным нормами и проектом сооружения.

Для подготовки требования по осуществлению цементационных работ в теле противофильтрационной завесы и определения качества уплотнение в основании плотины были выбраны опытные участки в подземном трансформаторном помещении.

Машинный зал Рогунской ГЭС имеет пролет 21 м, высоту 70 м, длину 220 м (рисунок 47). Параллельно ему на расстоянии 63 м в осях расположено помещение трансформаторов с пролетом 19 м, высотой 37 м и длиной 182 м [8-А, 9-А].

В соответствии с мероприятиями по проведению укрепительной цементации вмещающего массива трансформаторного помещения (ТП) Рогунской ГЭС на опытном участке, для оценки качества укрепительной цементации песчаников были проведены

геофизические исследования в скважинах методом сейсмического каротажа (СК). На указанном участке в соответствии с принятой технологией цементационных работ были разбурены опытные и контрольные скважины длиной 25- 35 м, диаметром 105 мм. Бурение всех скважин выполнялось с отбором образцов-кернов диаметром 61 мм.



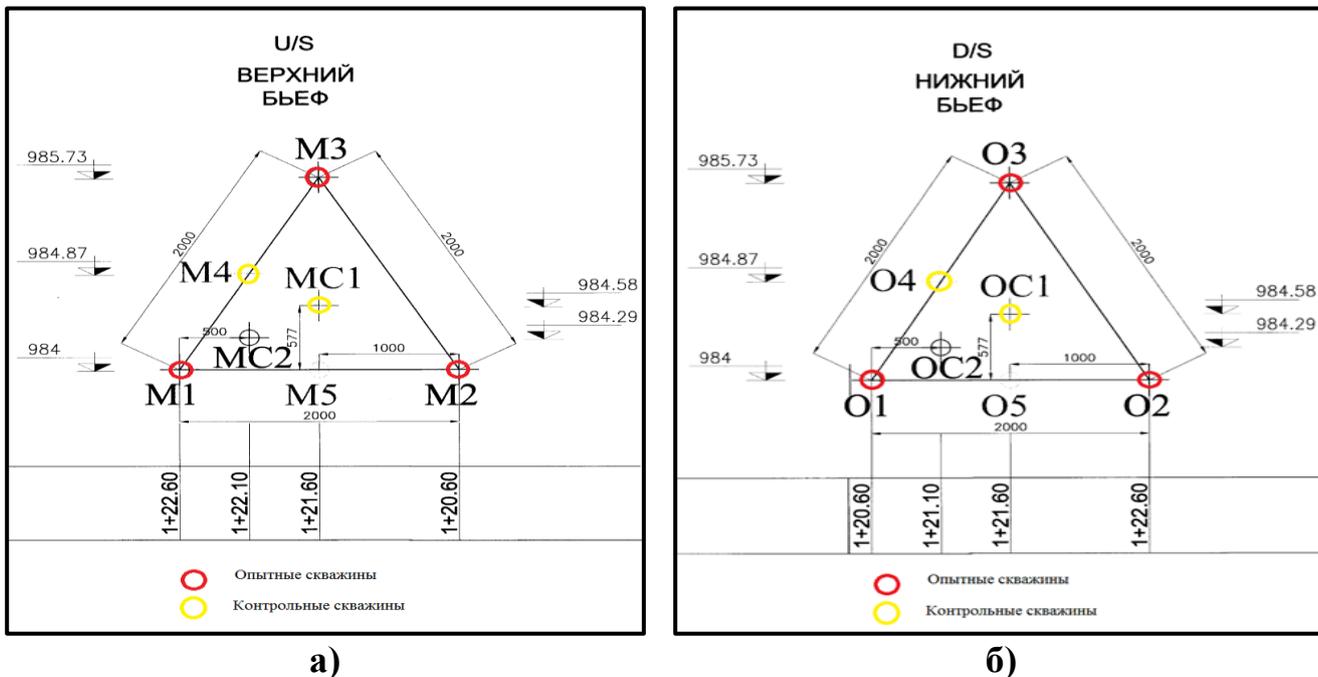


Рисунок 48. - Схема расположения скважин на опытных участках (зона песчаников) в трансформаторном помещении Рогунской ГЭС, а) ПК 1+21,60 м, ВБ; б) ПК 1+21,60 м, НБ

Анализ полученного графика, позволил к следующему заключению: скорости продольных волн в образцах песчаников практически не изменились после выполнения работ по цементации соответствующих опытных участков.

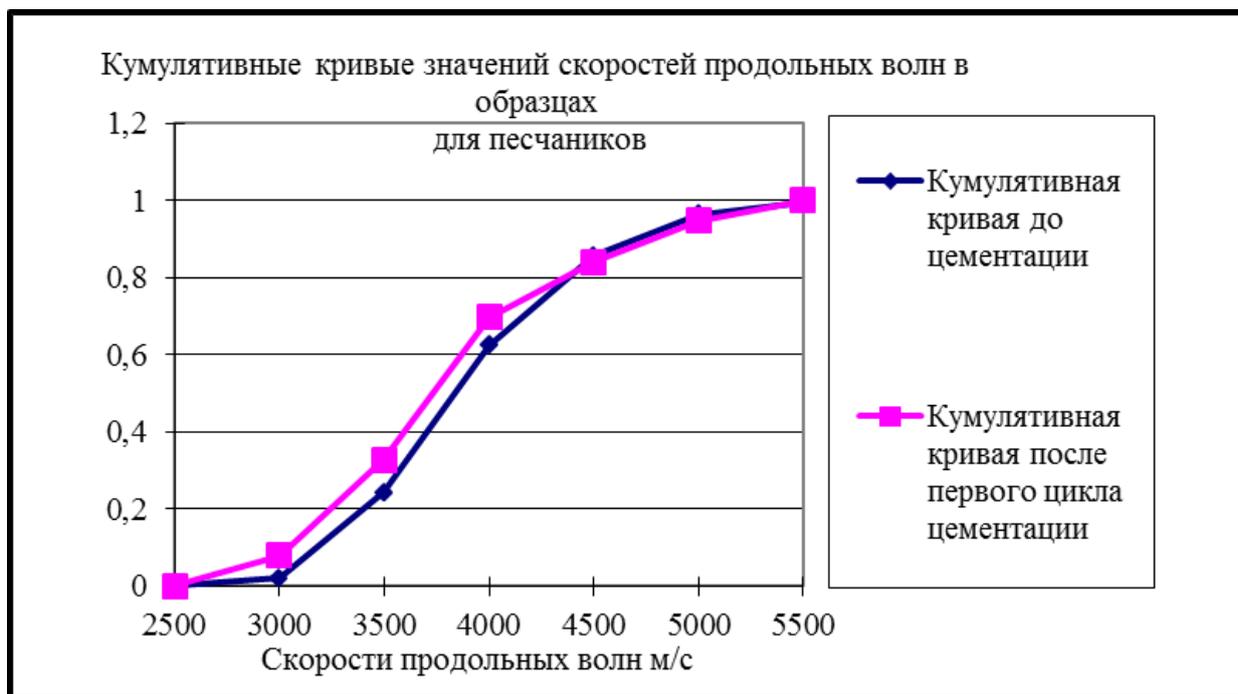


Рисунок 49. - Кумулятивная кривая значений скоростей продольных волн в образцах до и после укрепительной цементации массива песчаников

Результаты сейсмического каротажа показывают, что для пород с первоначальными продольными скоростями (V_0) меньше 3,50 км/с – эффект цементации существенно лучше. Причем, чем ниже первоначальные скорости, т.е. выше трещиноватость, тем больше эффект цементации. Если первоначальные скорости выше этой величины, то эффект нулевой или отрицательный.

При обобщении результатов геофизических исследований выявлено, что отрицательные значения эффекта цементации получены для пород с высокими первоначальными продольными скоростями, подтверждающий тезис о том, что при примененной технологии цементации происходит раскрытие мелких трещин и проявление эффекта локальных гидроразрывов. Для пород с первоначальными продольными скоростями (V_0) меньше 3,50 км/с – эффект цементации существенно лучше. Низкие скорости для данных типов пород, как правило, обуславливаются трещиноватостью. Причем, чем ниже первоначальные скорости, т.е. выше трещиноватость, тем больше эффект цементации. Это говорит о том, что в первом случае происходит заполнительная цементация трещиноватых зон, а во втором случае происходит раскрытие мелких трещин и проявления эффекта гидроразрывов.

С целью обеспечения устойчивости высоконапорного гидротехнического сооружения в осадочных цементированных грунтах основания (аргиллитах и песчаниках) предполагается создание противодиффузионного экрана высокой плотности. При создании экрана наряду с цементными суспензионными растворами будет использован химический гелеобразующий раствор, разработанный Проблемной лабораторией геологического факультета МГУ.

Таким образом, существующая в настоящее время необходимость обеспечения надежности гидротехнических сооружений сооружаемых в условиях развития растворимых пород требует оптимального выбора наиболее важных направлений исследований и наблюдения за основными параметрами основания сооружения в особенности за надежностью противодиффузионных завес, и следовательно, за эффективностью работы всего комплекса сооружений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

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 противодиффузионных и противосуффозионных мероприятий** и формирования мероприятий по обеспечению безопасности основания плотины [63-А].

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 для исследуемого объекта [18-А, 19-А, 68-А, 69-А, 71-А].

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 [3-А, 4-А, 6-А, 7-А, 14-А, 15-А, 30-А, 32-А, 35-А, 50-А, 54-А, 58-А, 64-А, 70-А, 73-А].

4. Экспериментально установлено ранее неизвестное физическое явление возникновения геотепловой завесы разделяющая земную кору на зону аккумуляции солнечной энергии (приповерхностная часть земной коры) и зону аккумуляции теплового потока, идущего из недр Земли, определяемая интенсивностью солнечного излучения, скоростью и объемом 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, которое является одним из основных факторов приводящий к деградации ледников, испарения воды, возникновения засухи и увеличения площади лесных пожаров [26-А, 29-А, 46-А].

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 исследовать дневной и летний нагрев приповерхностной части земной коры солнечным излучением и ночную зимнюю теплоотдачу в атмосферу, для составления годового баланса теплонакопления в земной коре и теплоотдачу в атмосферу [26-А, 29-А, 46-А].

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 определять скорость фильтрации, в основании плотины на скальных трещиноватых породах, с движением фильтрующейся воды принимающее турбулентный характер [20-А, 22-А, 25-А, 26-А, 27-А, 29-А, 43-А, 44-А, 81-А].

7. Установлено 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 возникающее при достижении равновесного состояния между гидростатическим и осмотическим давлением, при котором массоперенос молекулы воды в обоих направлениях прекращается [21-А, 23-А, 24-А, 45-А, 82-А].

8. Предложенный способ и устройство сифонного перехвата пресных фильтрационных потоков, и сброс их в нижний бьеф сооружения, позволяет управлять и обеспечивать неравномерное давление фильтрационных вод между скважинами пробуренные в сторону оголовка соли и противофильтрационной завесой на всю длину защищаемого участка и прижатия минерализованных вод к телу солевого пласта, уменьшая при этом растворение и суффозию оголовка солевого пласта. [28-А, 37-А, 38-А, 42-А, 78-А, 79-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов и перспективы дальнейшей разработки предложенного научного направления

1. Разработанный автором высокочувствительный двухканальный геотермометр-тепломер с точностью $0,001^{\circ}\text{C}$ позволяет измерять температурный дрейф и определять участки зарождения путей сосредоточенной фильтрации и определения её коэффициента с применением теории тепломассопереноса [18-А, 19-А, 68-А, 69-А, 71-А].

2. Разработаны математическая модель трансформаторного кондуктометра, кондуктометрический метод и аппаратура измерения электрической проводимости подземных минерализованных вод в пьезометрической сети, который рекомендуется

принимать за основу для наблюдения изменения гидрогеохимического режима в основании плотины на растворимых породах [3-А, 4-А, 6-А, 7-А, 14-А, 15-А, 30-А, 32-А, 35-А, 50-А, 54-А, 58-А, 64-А, 70-А, 73-А].

3. Предложенную математическую модель трансформаторного кондуктометра рекомендуется при проектировании кондуктометров различного назначения [3-А, 4-А, 6-А, 7-А, 14-А, 15-А, 30-А, 32-А, 35-А, 50-А, 54-А, 58-А, 64-А, 70-А, 73-А].

4. Полученные эмпирические уравнения закономерности среднегодового распределения температуры, в основании плотины Рогунской ГЭС и закономерное региональное распределение температуры в земной коре Таджикистана, рекомендуются использовать для определения геотермической ступени земной коры, как индикатор избыточного тепла [20-А, 22-А, 27-А, 43-А, 44-А, 81-А].

5. Разработанный метод и система контроля изменения теплового режима земной коры, рекомендуется использовать для расположения геотепловой завесы и зоны аккумуляции солнечной энергии позволяющий исследовать дневной и летний нагрев приповерхностной части земной коры солнечным излучением и ночную зимнюю теплоотдачу в атмосферу, по которой можно составить годовой баланс теплонакопления в земной коре и теплоотдачу в атмосферу [26-А, 29-А, 46-А].

6. Разработанный метод и выведенную формулу коэффициента фильтрации (аналог закона Дарси) рекомендуется принять за основу для определения скорости фильтрации, в основании плотины на скальных трещиноватых породах [20-А, 22-А, 27-А, 43-А, 44-А, 81-А].

7. Установленное неизвестное ранее физическое явление опреснения и отжатия подземных минерализованных вод под действием гидростатического давления и возникновения гидронапорно-осмотической завесы между менее и сильноминерализованными водами позволяет на этапе проектирования и эксплуатации позволяет принимать правильное техническое решение по защите пород основания плотины от растворения [21-А, 23-А, 24-А, 45-А, 82-А].

8. Для защиты солевого пласта от размыва рекомендуется использовать предложенный автором управляемое противосуффозионное устройство [28-А, 37-А, 38-А, 42-А, 78-А, 79-А].

9. Для уменьшения фильтрационного давления в зоне примыкания плотины к её бортам, а также для понижения депрессионной поверхности в теле высоконапорной земляной плотины, рекомендуется использовать устройство управляемого перехвата обходных фильтрационных потоков [28-А, 37-А, 38-А, 42-А, 78-А, 79-А].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронкевич С.Д., Евдокимова Л.А., Ларионова Н.А., Сергеев В.И., Емельянов С.Н. Опыт применения инъекционного раствора на основе эпоксидной смолы для уплотнения скальных осадочных пород в районе створа Рогунской ГЭС. Гидротехническое строительство, 1981, №10, С. 15 – 17.
2. Адамович А.Н. Закрепление грунтов и противофильтрационные завесы в гидротехническом строительстве. М., Энергия, 1980, 320 с.
3. Малышев Л.И. Эффективность цементационных завес и дренажей в основаниях гидротехнических сооружений. В кн.: Труды Гидропроекта, вып. 94, 1984, С. 84 – 101.
4. Зернов Г.В., Бучацкий Г.В. О критерии эффективности укрепления трещиноватых скальных пород цементацией. В кн.: Проектирование и создание противофильтрационных устройств в основании высоких плотин. М., Изд. лит – ры по строительству, 1972, С. 223 – 228.
5. Недрига В.П. Гидротехнические сооружения. М., 1983, 315 с.

6. Парабучев И.А., Молоков Л.А. Изучение взаимодействия гидротехнических сооружений с геологической средой и направления дальнейших исследований. Инженерная геология, 1984, №3, С. 79 – 86.
7. Молоков Л.А., Парабучев И.А. Некоторые итоги изучения области взаимодействия гидротехнических сооружений и геологической среды. Гидротехническое строительство, 1984, №2, С. 7 – 10.
8. Трупаков Н.Г. Цементация трещиноватых пород в горном деле. М., Недра, 1966, 268 с.
9. Ржаницын Б.А. Тампонажные растворы для создания противодиффузионных завес. В кн.: Матер. к пятому совещ. по закреплению и уплотнению грунтов. Новосибирск, 1966, с. 470 – 474.
10. Сергеев В.И., Емельянов С.Н. Некоторые особенности закрепления скальных грунтов основания Камской ГЭС. Инженерная геология, 1980, №1, С. 113 – 117.
11. Соколович В.Е. Химическое закрепление грунтов. М., Стройиздат, 1980, 119 с.
12. Houlsby A.C. Cement Grouting For Dams. Grouting in Geotechnical Engineering, New York., 1982, pp. 1-33.
13. Caron C., Herbst Th., Cattin P. Injections. “Foundation Engineering Handbook”, London, 1976, pp. 337-352.
14. Камбефор А. Инъекция грунтов. М., Мир, 1971, 333 с.
15. Вернадский В.И. О классификации и химическом составе природных вод // Природа. 1929. № 9. -С. 735-758.
16. Алекин О. А., Воронков П.П. К вопросу о химической классификации природных вод // Вопросы гидрохимии, Тр. НИУ ГУГМС. Сер. 4 Вып. 32, 1948. С. 25-39.
17. Альтовский М. Е. К вопросу о формировании химического состава подземных вод // в кн.: Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, № 13. М., Госгеолтехиздат, 1950. –С. 23-29.
18. Валяшко М. Г. Основные химические типы природных вод и условия их образования. - ДАН, 1955, т. 102, № 2. С. 315-318.
19. Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967. -215 с.
20. Зверев В. П. и др. Миграция химических элементов в подземных водах СССР: закономерности и количественная оценка. М., «Наука», 1974. -236 с.
21. Крайнов С. Р., Швец В. М. Основы геохимии подземных вод. — М.: Недра, 1980.— 285 с.
22. Овчинников А. М. Гидрогеохимия. М.: Недра, 1970. - 200 с.
23. Питьева К. Е. Основы региональной геохимии подземных вод. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. -213 с.
24. Самарина В. С. Формирование химического состава подземных вод (на примере Прикаспийской низменности). Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1963. -117 с.
25. Швец В. М. Органические вещества подземных вод. М.: Недра, 1973. -192 с.
26. Максимович, Г. А. Основы карстоведения / Г. А. Максимович. - Пермь : Изд-во ПГУ. - Т. 1, 1963. - 444 с.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

Статьи в изданиях, рекомендуемые ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

[1-А]. Давлатшоев С.К. Исследование водопроницаемости породы в участке солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Известия Академии наук РТ, Отделение физико – математических,

химических, геологических и технических наук. – Душанбе, 2008. №1(130). -С.58-64. – ISSN 0002-3485.

[2-А]. **Давлатшоев С.К.** Гидрогеохимические особенности зоны солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Вестник Технического университета . – Душанбе, 2008. №3. –С. 9-11. – ISSN 2075-177X.

[3-А]. **Давлатшоев С.К.** Математическая модель функционирования кондуктометра «Кальмар» [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе: "Сино", №1/2, 2017. -С. 83 – 86. – ISSN 2413-452X.

[4-А]. **Давлатшоев С.К.** Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Вестник технологического университета. -Казань, Т. 20, №18, 2017. - С.45-51. - ISSN 1998-7072.

[5-А]. **Давлатшоев С.К.** Оценка взаимодействия фильтрационного потока на гидрогеохимический режим основания плотины кондуктометрическим методом [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Таджикского национального Университета. Серия естественных наук. – Душанбе: "Сино", №1/3, 2017. -С. 129 – 134. – ISSN 2413-452X.

[6-А]. **Давлатшоев С.К.** Математическое моделирование трансформаторного кондуктометра для мониторинга основания Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (41). С. 3-9. – ISSN 2413-452X.

[7-А]. **Давлатшоев С.К.** Метрологические характеристики трансформаторного кондуктометра и реализация технических средств мониторинга основания Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (41). С. 10-14. – ISSN 2079-7001.

[8-А]. **Давлатшоев С.К.** Контроль качества цементационных работ вмещающего массива в опытном участке методом сейсмического каротажа [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительства, №2, 2020., -С. 52 - 56. – ISSN 0016-9714.

[9-А]. **Давлатшоев С.К.** Исследование качества цементационных работ вмещающего массива подземных сооружений ультразвуковым методом [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительства, №4, 2020. -С. 2 - 7. – ISSN 0016-9714.

[10-А]. **Davlatshoev S. K.** Quality control of cementation operation performed in country massif in a test section by seismic well logging [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 54, No. 2, July, 2020. Pp. 199-203. <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01191-1>.

[11-А]. **Davlatshoev S. K.** Ultrasound study of the quality of consolidation grouting works retaining rocks in underground structures logging [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 54, No. 3, September, 2020. Pp. 332-336. <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01211-0>.

[12-А]. **Давлатшоев С.К.** Оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников в условиях растягивающих напряжений [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительство, №12, 2021. –С. 15-20. – ISSN 0016-9714.

[13-А]. **Давлатшоев С.К.** Влияние объёмного нагружения скальных пород подземного помещения на процесс релаксации самонапряжённого состояния алевролитового массива [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительство, №1, 2022. –С. 6-12. – ISSN 0016-9714.

- [14-A]. Davlatshoev S. K. Monitoring of the water-soluble base of the dam. Part 1. Investigation of hydro-and geochemical regime of the hydroelectric dam base [Text] / S.A. Garelina, S.K. Davlatshoev, K.P. Latyshenko // Мониторинг. Науки и технологии. 2022. № 1 (51). – С. 21 – 26. – ISSN 2076-7358.
- [15-A]. Davlatshoev S. K. Monitoring of the water-soluble base of the dam. Part 2. Water-soluble monitoring system the base of the rogun hydroelectric power station dam [Text] / S.A. Garelina, S.K. Davlatshoev, K.P. Latyshenko // Мониторинг. Науки и технологии. 2022. № 1 (51). – С. 27 – 33. – ISSN 2076-7358.
- [16-A]. Davlatshoev S. K. Evaluation of the quality of strengthening cementation of an enclosing sandstone massif under tensile stresses [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 1, May, 2022. Pp. 46-51. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01469-10>.
- [17-A]. Davlatshoev S. K. Influence of volumetric loading of rocks surrounding underground chambers on the relaxation of self-stressed aleurolite massif [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 2, July, 2022. Pp. 157-163. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01488-x>.
- [18-A]. Давлатшоев С.К. Измерения теплового потока в пьезометрических скважинах [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, 2/4 (105), 2022. – С. 38-43. – ISSN 2663-5534.
- [19-A]. Давлатшоев С.К. Определение метрологических характеристик термометром-тепломером [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, № 2/1 (108), 2023. – С. 77-81. – ISSN 2663-5534.
- [20-A]. Давлатшоев С.К. Усули назорати чараёни полоиш дар асоси сарбанд [Матн] / С.К. Давлатшоев, Ш.А. Шамсуллоев, С.Т. Тоирзода, Б.М. Мирзоева // Паёми донишгоҳи технологии Тоҷикистон, № 2(53), -Душанбе: ДТТ, 2023. –С. 15-25. – ISSN 2707-8000.
- [21-A]. Давлатшоев С.К. Давлатшоев С.К. Исследование формирования и изменения состава подземных вод [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, № 2/2 (111), 2023. – С. 57-64. – ISSN 2663-5534.
- [22-A]. Давлатшоев С.К. Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, Ш.А. Шамсуллоев, С.Т. Тоирзода, Б.М. Мирзоева, С.Х. Чакалов // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(2). –С. 73-82. – ISSN 2789-0953.
- [23-A]. Давлатшоев С.К. Исследование условий образования геохимических барьеров и других видов завес [Текст] / С.К. Давлатшоев // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(2). –С. 138-146. – ISSN 2789-0953.
- [24-A]. Давлатшоев С.К. Влияние гидростатического давления на изменение степени минерализации подземных вод [Текст] / С.К. Давлатшоев // Известия ТулГУ. Наука о Земле. –Тула: ТулГУ, №3, 2023. -С. 403-414. - ISSN 2218-5194.
- [25-A]. Давлатшоев С.К. Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / С.К. Давлатшоев, С.Т. Тоирзода, Ш.А. Шамсуллоев, Б.М. Мирзоева, С.Х. Чакалов // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(3). –С. 67-73. – ISSN 2789-0953.
- [26-A]. Давлатшоев С.К. Метод и система контроля изменения теплового режима земной коры [Текст] / С.К. Давлатшоев, А.Р. Фазылов // Журнал «Водные ресурсы,

энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(3). –С. 185-193. – ISSN 2789-0953.

[27-А]. Давлатшоев С.К. Метод определения коэффициента фильтрации по изменению теплового состояния основания плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительство, №11, 2023. –С. 7-15. – ISSN 0016-9714.

[28-А]. Давлатшоев С.К. Управляемые противосуффозионные устройства по защите солевого пласта в основании плотины на растворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, А.Р. Фазылов // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(4). –С. 114-122. – ISSN 2789-0953.

[29-А]. Давлатшоев С.К. Мониторинг и контроль изменения теплового поля земной коры и расположения геотепловой завесы [Текст] / С.К. Давлатшоев, А.Р. Фазылов // Известия ТулГУ. Наука о Земле. –Тула: ТулГУ, №2, 2024. -С. 70-80. - ISSN 2218-5194.

Монографии.

[30-А]. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров –Душанбе: Ирфон., 2017. 236 с.

[31-А]. Давлатшоев С.К. Кондуктометр для измерения степени минерализации подземных вод в наблюдательных пьезометрических сетях [Текст] / С.К. Давлатшоев. - Рига, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. 130 с.

[32-А]. Давлатшоев С.К. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 1. На примере Рогунской ГЭС на реке Вахш [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 160 с.

[33-А]. Давлатшоев С.К. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 2. На примере водохранилища Нурекской ГЭС на реке Вахш [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко, Ш.К. Обиджони, Н.К. Курбонов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 192 с.

[34-А]. Давлатшоев С.К. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 3. На примере сооружений Нурекского гидроузла на реке Вахш [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко, Ф.Ш. Бобохонов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 168 с.

Патенты.

[35-А]. Давлатшоев С.К. Устройства для кондуктометрических измерений [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Д.И. Бобошеров, М.С. Мухамадиев // Малый патент РТ № ТЈ 80, № 0700102, заявл. 10.04.2007; опубл. 31.08.2007; Бюл. №47, 2007. -6 с.

[36-А]. Давлатшоев С.К. Скважинный сейсмический прибор [Текст] / С.К. Давлатшоев, Г.К. Хайриддинов, Ш.С. Кодиров, К.С. Давлатшоев, С.С. Каноатшоев // Малый патент РТ №ТЈ 708, № 1500927, заявл. 16.03.2015; опубл. 07.08.2015; Бюл. №108, 2015. -3 с.

[37-А]. Давлатшоев С.К. Система перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных каменно-земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода // Малый патент РТ № ТЈ 1149, МПК Е 02 В 3/16; Е 02 В 7/06. № 2001473, завл. 20.10.2020; опубл. 14.04.2021; Бюл. №170, 2021. -3 с.

[38-А]. Давлатшоев С.К. Способ перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода // Малый патент РТ № ТЈ 1161, МПК Е 02 В 3/16; Е 02 В 7/06. № 2001472, завл. 20.10.2020; опубл. 26.05.2021; Бюл. №171, 2021. -4 с.

[39-А]. Давлатшоев С.К. Способ защиты основания гидротехнического сооружения от разрушения [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров //

Малый патент РТ № ТЈ 1214, МПК Е 02 D 27/40; Е 02 В 3/16. № 2001450, завл. 14.07.2020; опубл. 29.11.2021; Бюл. №178, 2021. -3 с.

[40-А]. **Давлатшоев С.К.** Устройство для защиты основания гидротехнического сооружения от разрушения [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Малый патент РТ № ТЈ 1213, МПК Е 02 D 27/40; Е 02 В 3/16. № 2001449, завл. 14.07.2020; опубл. 29.11.2021; Бюл. №178, 2021. -3 с.

[41-А]. **Давлатшоев С.К.** Способ защиты основания гидротехнического сооружения от разрушения [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Евразийский патент №041213 МПК Е 02 В 3/16. №202100215, заявл. 09.07.2021; опубл. 27.09.2022; -4 с.

[42-А]. **Давлатшоев С.К.** Способ перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амизода // Евразийский патент №042546 МПК Е 02 В 11/00, Е 02 В 7/06. №202100214, заявл. 09.07.2021; опубл. 27.02.2023; -4 с.

[46-А]. **Давлатшоев С.К.** Способ определения расположения геотепловой завесы в земной коре / Давлатшоев С.К., Фазылов А.Р., Мирзоева Б.М., Хушмахмади С., Фазылов В.А. // Евразийский патент № 050392 МПК G 01 V 9/00, E21 В 47/07. №202491705, заявл. 18.07.2024; опубл. 30.05.2025; -7 с.

[44-А]. **Давлатшоев С.К.** Способ и устройство для определения скорости водного потока в туннелях [Текст] / С.К. Давлатшоев, С.Т. Тоирзода, Б.М. Мирзоева, Ш.А. Шамсуллоев, С.Х. Чакалов // Малый патент РТ № ТЈ 1407, МПК G 01 P 5/18, E 21 В 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. -4 с.

[45-А]. **Давлатшоев С.К.** Способ определения глубины опреснения подземных минерализованных вод и завес между водными растворами разной плотности [Текст] / С.К. Давлатшоев // Малый патент РТ № ТЈ 1414, МПК В 01 D 61/00, G 01 N 9/00 G 01 N 13/00. № 2301832, завл. 05.05.2023; опубл. 31.07.2023; Бюл. №197, 2023. -7 с.

[46-А]. **Давлатшоев С.К.** Способ определения расположения геотепловой завесы в земной коре / Давлатшоев С.К., Фазылов А.Р., Мирзоева Б.М., Хушмахмади С., Фазылов В.А. // Евразийский патент № 050392 МПК G 01 V 9/00, E21 В 47/07. №202491705, заявл. 18.07.2024; опубл. 30.05.2025; -7 с.

Статьи в материалах конференции.

[47-А]. **Давлатшоев С.К.** Исследование гидрогеохимической обстановки в основание плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы десятой Междунар. теплофиз. «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий». –Душанбе: ООО «Хочи-Хасан», 2016. -С. 317-320.

[48-А]. **Давлатшоев С.К.** Исследование взаимодействия фильтрационного потока с подземными водами и соленосными породами [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы Респуб. Науч. – практ. конфер. "Современные проблемы естественных наук". –Душанбе: Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. - С. 103 – 106.

[49-А]. **Давлатшоев С.К.** Измерения концентрации минерализованных жидкостей кондуктометрическим способом [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. "Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах", Махачкала, 2017. -С. 281 - 283.

[50-А]. **Давлатшоев С.К.** Кондуктометр для контроля гидрогеохимического режима основания плотины [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // XXVIII Межд. н.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России. – 2018. – С. 24 – 27.

- [51-А]. Давлатшоев С.К. Система мониторинга защиты пласта соли основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // XXVIII Межд. н.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России. – 2018. – С. 28 – 30.
- [52-А]. Давлатшоев С.К. Исследование отжатия подземных минерализованных вод кондуктометрическим методом [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы развития современной науки, техники и технологий». – Самара: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2018. - С. 14 - 17.
- [53-А]. Давлатшоев С.К. Анализ рисков сооружения Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник тезисов и докладов IX Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2018, -С. 234 – 237.
- [54-А]. Давлатшоев С.К. Математическая модель трансформаторного кондуктометра при измерении напряжения [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // IX Всеросс. н.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 132 – 135.
- [55-А]. Давлатшоев С.К. Система защиты солевого пласта плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // IX Всеросс. н.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 135 – 138.
- [56-А]. Давлатшоев С.К. Система мониторинга защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 2018. С. 25-27.
- [57-А]. Давлатшоев С.К. Способ и устройства для геохимического мониторинга оснований плотины на водорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы VIII Всерос. Науч.-практ. конф. с междунар. участием «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы» с международным участием. Рубцовск. -2018, Ч. 2. – С.370-376.
- [58-А]. Давлатшоев С.К. Разработка канала измерения температуры двухканального скважинного кондуктометра [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // VII межд. н.-практ. конф. «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны», 15 марта 2019 г. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК. – 2019. – С. 59 – 61.
- [59-А]. Давлатшоев С.К. Система мониторинга и защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник трудов секции № 16 XXIX Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2019. – С. 19 – 23.
- [60-А]. Давлатшоев С.К. Контроль гидрогеохимического режима в основании плотины на водорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах». Махачкала, 2019. - С.410-413.
- [61-А]. Давлатшоев С.К. Оценка изменения температурного поля во времени в основание плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах». Махачкала, 2019. - С.414-416.
- [62-А]. Давлатшоев С.К. Оценка изменения минерализации во времени в основание плотины на водорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М.

Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах». Махачкала, 2019. - С.417-419.

[63-А]. **Давлатшоев С.К.** Автоматизированная система мониторинга основания плотины на легкорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 256-268.

[64-А]. **Давлатшоев С.К.** Кондуктометрический способ и устройства для мониторинга гидрогеохимического режима в основании плотины на легкорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 269-281.

[65-А]. **Давлатшоев С.К.** Измерения диапазон изменения температурного поля во времени в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 292-300.

[66-А]. **Давлатшоев С.К.** Измерения диапазон изменения степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 301-308.

[67-А]. **Давлатшоев С.К.** Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины на растворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы XIV междунар. молодёжная науч. конф. «Гинчуринские чтения». Том 2. Часть 2. –Казань, 2019. -С. 203-207.

[68-А]. **Давлатшоев С.К.** Термометр – тепломер для определения пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров / Сборник статей V междунар. науч. конф. на тему: «Вопросы физической координационной химий», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х.М. и Юсуфова З.Н. –Душанбе: ТНУ, 2021. С. 35-38.

[69-А]. **Давлатшоев С.К.** Определение метрологических характеристик термометр – тепломера [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Сборник статей V междунар. науч. конф. на тему: «Вопросы физической координационной химий», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х.М. и Юсуфова З.Н. –Душанбе: ТНУ, 2021. С. 38-42.

[70-А]. **Давлатшоев С.К.** Кондуктометрический метод контроля гидрогеохимического режима водорастворимого основания плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник научных статей. Материалы двенадцатой международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии» . -Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. -С. 72-77.

[71-А]. **Давлатшоев С.К.** Термометр - тепломер для определения пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник научных статей. Материалы двенадцатой международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии» . -Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. - С. 161-164.

[72-А]. **Давлатшоев С.К.** Метод контроля гидрогеохимического режима водорастворимого основания высоконапорной плотины [Текст] / Ш.А. Шамсуллоев, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы 13 междунар. теплоф. школы «Теплофизика и информационные технологии». - Душанбе-Тамбов, 2022. -С.165-169.

Статьи в других изданиях.

- [73-А]. Давлатшоев С.К. Математическая модель трансформаторного кондуктометра при измерения тока [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Журнал «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». 2018. Т. 1. С. 120-123.
- [74-А]. Давлатшоев С.К. Измерения степени минерализации жидкостей кондуктометрическим способом [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2019. № 2-3 (66). С. 53-57.
- [75-А]. Давлатшоев С.К. Исследование диапазона изменения степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. Серия естественных наук. – Душанбе, №1(13), 2020. С.58-66.
- [76-А]. Давлатшоев С.К. Влияние гравитационного давления на процесс релаксации самонапряжённого состояния горных пород вокруг подземного помещения [Текст] / С.К. Давлатшоев // В книге: Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства. Сборник тезисов докладов IV Всерос. науч.-практ. семинара. –Москва: МГСУ, 2021. С. 30.
- [77-А]. Давлатшоев С.К. Оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников в условиях растягивающих напряжений [Текст] / С.К. Давлатшоев // В книге: Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства. Сборник тезисов докладов IV Всерос. науч.-практ. семинара. –Москва: МГСУ, 2021. С. 31.
- [78-А]. Давлатшоев С.К. Управляемые противосуфозионные мероприятия по защите солевого пласта в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов V Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2022. –С. 22-24.
- [79-А]. Давлатшоев С.К. Устройства для перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов V Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2022. –С. 25-27.
- [80-А]. Давлатшоев С.К. Разработка современных измерительных систем для мониторинга состояния гидроэнергетических объектов [Текст] / Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология». –Душанбе: ИМОГЭЭ, Т. 2. № 3, 2022. –С. 98-104.
- [81-А]. Давлатшоев С.К. Метод определения коэффициента фильтрации по изменению теплового состояния основания плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов VI Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2023. –С. 71-72.
- [82-А]. Давлатшоев С.К. Влияние гидростатического давления на изменение степени минерализации подземных вод [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов VI Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2023. –С. 73-74.

АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология

ТДУ: 626/627+629.039.58(575.3)

Бо ҳуқуқи дастнавис



ДАВЛАТШОЕВ Саломат Қаноатшоевич

**РУШДИ НАЗАРИЯ ВА УСУЛҲОИ ИДОРАКУНИИ
РЕҶАИ ПОЛОИШӢ ДАР ЗЕРАСОСИ
САРБАНДҲОИ БАЛАНДФИШОР**

АВТОРЕФЕРАТИ

рисола барои дарёфти дараҷаи илмии доктори илмҳои
техникӣ аз рӯи ихтисоси 2.1. Геология, геодезия, гидрология, сохтмон,
архитектура (2.1.8. Сохтмони гидротехникӣ)

Душанбе – 2026

Қор дар лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ» -и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро шудааст.

Мушовири илмӣ:

Фазылов Али Рахматджанович

доктори илмҳои техникӣ, профессор, сарҳодими илмӣ лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Муқарризи расмӣ:

Волосухин Виктор Алексеевич

доктори илмҳои техникӣ, профессор, академики Академияи илмҳои табиӣ Россия, Арбоби илми ФР, коршиноси Академияи илмҳои Россия, профессори кафедраи иншоотҳои гидротехникии Донишқадаи муҳандисию мелиоративии Новочеркасск ба номи А.К. Кортунови МТБДФ ТО ДДА Дон, директори Институти бехатарии иншоотҳои гидротехникӣ

Бакиев Машариф Рузметович

доктори илмҳои техникӣ, профессор, мудири кафедраи «Иншоотҳои гидротехникӣ ва конструксияҳои муҳандисӣ»-и Донишгоҳи миллии таҳқиқотии Институти муҳандисони обёрӣ ва механизатсияи кишоварзии Тошканд (ИМОваМКТ)»

Муртазаев Уктам Исматович

доктори илмҳои география, профессор, профессори кафедраи «Географияи табиӣ»-и Донишгоҳи давлатии омузгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

Муассисаи пешбар:

Институти геология, ба заминчунби тобовар ва сейсмологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия 25 июни соли 2026 соати 9⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии **БД.ҚОА-059** назди Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон дар суроғаи: 734025, ш. Душанбе, кучаи Бофанда 5/2 баргузор мегардад.

Бо диссертатсия дар китобхонаи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ва дар сомонаи www.imoge.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «___» _____ соли 2026 ирсол гардид.

Қотибӣ илмӣ
Шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникӣ

 **Шаймуродов Ф.И.**

МУҚАДИММА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Гидроэнергетика яке аз бахшҳои асосии иқтисодист, ки ба рушди устувори Тоҷикистон мусоидат мекунад. Таъсис додани маҷмуи иншооти гидротехникӣ барои таъиноти гидроэнергетикӣ имкон медиҳад, ки бо роҳи бунёди иншооти (сарбандҳо) обнигоҳдор ва дар ҳудудҳои аз ҷиҳати муҳандисию геологӣ номусоид, аз ҷумла мавҷудияти ҷинсҳои маҳлулшаванда дар зерасоси сарбандҳои баландфишор бояд бо интихоби оқилонаи тадбирҳои муҳандисии ҳифзи ҷинсҳо аз обшавӣ дар шакли дастгоҳҳои зиддиполоишӣ, зиддисуффозионӣ ва назорати воқеии қори онҳо, инчунин ташкили мушоҳидаҳои ривочи равандҳои физикию химиявӣ дар зерасоси сарбанд, беҳатарии иншооти гидротехникӣ ва қори онҳо, хусусан сарбандҳои баландфишор, ки дар руи ҷинсҳои маҳлулшаванда сохта шудаанд, таъмин намояд.

Татбиқи таъмини беҳатарии сарбандҳое, ки зерасоси онҳо дар ҷинсҳои маҳлулшаванда ҷойгир аст, бояд бо таҳқиқотҳои бунёдӣ, таҳия ва татбиқи усулҳои боэътимоди мониторингӣ, имкон медиҳад, ки сари вақт арзёбии самаранокии тадбирҳои зиддиполоишӣ ва зиддисуффозиониро, яъне қор қарда баромадани нишондиҳандаҳои асосии низоми мониторинги арзёбии қори ин таҷҳизотҳо ва тадбирҳои таъмини беҳатарии зерасоси сарбанд бо назардошти тағйироти вазъияти гидрогеохимиявӣ баъди пур қардани обанбор ва ҳангоми истифодаи он таъмин намояд.

Вобаста ба ин, ба амал баровардани маҷмуи таҳқиқотҳои илмию амалӣ оид ба назорати речаи гидрогеохимиявӣ, геотермӣ ва полоишӣ дар зерасосҳои маҳлулшавандаи сарбандҳои баландфишор, таъмини беҳатарии иншооти гидротехникӣ ва умуман беҳатарии гидроэкологӣ вазифаи таъхирнопазири рушди самти нав дар соҳаи илмҳои Замин ба шумор меравад.

Дарачаи таҳқиқи мавзуи илмӣ. Масъалаи химоя намудани зерасоси сарбандҳои дар ҷинсҳои маҳлулшаванда сохта шуда аз шусташавӣ ва суффозия ҳангоми сохтмон ва истифодабарии иншооти гидротехникӣ бо роҳи ба вучуд овардани пардаҳои зичиаш баланди зиддиполоишӣ, таҳлил ва арзёбӣ, инчунин ҳисоб намудани параметрҳои онҳо, ки ба шароитҳои муҳандисию геологӣ алоқаманд аст, асарҳои муҳаққиқон С.Д. Воронкевич [1], А.Н. Адамович [2], Л.И. Малишева [3], Г.В. Зернова [4], В.П. Недрига [5], И.А. Парабучев [6], Л.А. Молоков [7], Н.Г. Трупақ[8], Б.А. Ржанисин [9], В.И. Сергеев [10], В.Е. Соколович [11], А.Холсби [12], К. Карон [13], А. Камбефор [14], инчунин дигар муҳаққиқон бахшида шудаанд

Академик В.П. Вернадский [15] дар соҳаи масъалаҳои назариявии гидрогеохимия, ки асосгузори он мебошад, дар асари офаридааш, обҳои зерзаминиро аз руи хосиятҳои химиявӣ ва таркибӣ ба низом дароварда, хусусиятҳои инкишофи онҳоро муайян намуда, қонуниятҳои гидрогеохимиявиро ошкор намудааст. Дар рушди донишҳои илмӣ дар соҳаи тадқиқотҳои гидрогеохимиявӣ саҳми олимони О.А. Алекин [16], М.Е. Алтовский [17], М.Г. Валяшко [18], А.П. Виноградов [19], В.П. Зверев [20], С.Р. Крайнов [21], А.М. Овчинников [22], К.Е. Питева [23], В.С. Самарин [24], В.М. Швец [25], Г.А. Максимович [26] ва дигарон назаррас мебошад.

Дар рушди назарияи равандҳои полоишӣ дар зерасос ва баданҳои сарбанд ва таъмини беҳатарии иншооти гидротехникӣ саҳми олимони В.С.Рассказов, Н.А.

Анискин, В.А. Волосухин, Д.В. Козлов, Г.В. Орехов, А.С. Бестужева, М.П. Сайнов, В.В. Малаханов, М.Р. Боқиев ва дигарон назаррас мебошад.

Вобаста ба ҳалли мушкилоти таҳқиқотҳои геодинамикӣ ва инчунин таъмин намудани беҳатарии иншооти гидротехникӣ дар Тоҷикистон асарҳои илмии олимон ва таҳқиқотчиёни тоҷик - М. С. Саидов, М. Тоҷибеков, С. Ҳ. Неъматуллоев, Ҳ.О. Арифов, А.Р. Фазылов, П.А. Ясунов ва дигарон бахшида шудааст.

Сарфи назар аз он, ки таҳқиқот дар соҳаи рушди назария ва усулҳои идоракунии речаи ҷаҳони ҷаҳонӣ дар зерасосҳои маҳлулшавандаи сарбандҳои баландрошор дар раванди лоиҳакашӣ, сохтмон ва истифодабарӣ анҷом дода шуда, идома дода мешаванд ва воқеияти муосир омӯхтани масъалаҳои алоқаманд ба рушди назарияи ҷаҳони мутаммарказ дар зерасоси сарбанд; муқаррар намудани дараҷаи мусаввобии обҳои маъданҳои зеризаминӣ дар зеро таъсири фишори гидростатикӣ; қор қарда баромадани дастгоҳҳои идорашавандаи зиддисуффозионӣ барои ҳифзи қабати намак; технологияи оптималии сементкунонии бадаҳои пардаи зиддиҷаҳони; усулҳои дахлдори ҳозиразамон ва воситаҳои техникаи таҳқиқот ва ғайра талаб менамояд.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо ва ё мавзӯҳои илмӣ ва мавзӯҳои илмӣ. Қори диссертатсионӣ бо дарназардошти муқаррароти «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм, техника ва инноватсия дар давраи то соли 2030» (аз 30 июни соли 2021, № 263), «Барномаи манбаҳои барқароршавандаи энергия барои солҳои 2023-2027. (аз 1 марти соли 2023, № 51), Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи беҳатарии иншооти гидротехникӣ» (аз 29 декабри соли 2010, № 666), мавзӯи илмӣ-таҳқиқотии «Стратегияи рушд ва оптимизатсияи баланси захираҳои энергетикӣ. Сенарияи гидроангишти рушди энергетикаи Тоҷикистон» (мӯҳлати иҷро: 2020-2024) ва татбиқи лоиҳаи НБО Роғун иҷро қарда шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот - рушди назария ва усулҳои идоракунии речаи ҷаҳони ҷаҳонӣ дар зерасосҳои маҳлулшавандаи сарбандҳои баландрошор мебошад.

Барои ноил шудан ба ҳадафҳои таҳқиқот масъалаҳои муҳими зеринро ҳал намудан зарур аст:

1. Омӯзиши маводҳои сарчашмаҳои адабиётӣ, захиравӣ ва архивӣ; базаи маълумотҳои мушоҳидаҳои речавӣ, инчунин речаи ташаккули гидрогеохимиявӣ ва речаҳои дигар дар зерасоси сарбанд; сохтори геологӣ, хусусиятҳои тектоникӣ ва тавсифи ҷинсҳои кӯҳӣ дар минтақаи сохтмони сарбанди баландрошори НБО-и Роғун. Таҳлил ва арзёбии ҳолати кунунии назария, усулҳои таҳқиқ ва идоракунии речаи гидрогеохимиявии зерасоси сарбандҳои баландрошор дар ҷинсҳои маҳлулшаванда.

2. Рушди назария ва усулҳои идоракунии речаи ҷаҳони ҷаҳонӣ дар зерасоси маҳлулшавандаи сарбандҳои баландрошор. Таҳияи асоси концептуалии таҳлил додани усулҳои мониторинг бо қорқарди нишондиҳандаҳои меъёрии арзёбии таъҷилии босамари тадбирҳои зиддиҷаҳони ва зиддисуффозионӣ ва ташаккули тадбирҳои таъмини беҳатарии зерасоси сарбанд.

3. Қорқарди таҷҳизоти баландрошоси дуқаналаи геотермометр-тепломер (гармисанҷ) бо саҳеҳияти баландрошор, қорқарди амсилаи математикӣ ҷустуҷӯи оптималии минтақаҳои пайдоиши роҳҳои мутамаркази ҷаҳони.

4. Қорқарди модели математикӣ кондуктометри трансформаторӣ, усул ва асбоб барои ҷенкунии таъҷилии электрогузаронии ҳоси обҳои маъданҳои зеризаминӣ дар доираи васеи концентратсияи маҳлулҳои обӣ.

5. Дар асоси назарияи интиқоли гармӣ ва масса таҳияи тарзи муайян намудани коэффитсенти полоиш дар зерасоси сарбанд бо назардошти тағйирёбии майдони гармии зерасоси сарбанд.

6. Таҳқиқи тақсимоти аномалии маҳлулҳои намакин дар атрофи қабати намакдори зерасоси сарбанди НБО-и Роғун; таҳқиқи табиати физикии мавҷудияти сарҳади гузариши зуди дараҷаи маъданнокии обҳои зеризаминӣ аз кам ба зиёдшавӣ дар масофаи кутох; тағйирёбии речаи гидрогеохимиявӣ он бо афзоиши фишори гидростатикӣ ва коркарди дастгоҳи идорашавандаи зиддисуффозионӣ барои ҳифзи қабати намак дар зерасоси сарбанд.

Объекти таҳқиқот: зерасоси сарбандҳои баландфишор дар чинсҳои маҳлулшаванда ва ҷараёни равандҳои геотермикӣ ва гидрогеохимикӣ, ки дар он ба амал меояд.

Мавзӯи таҳқиқот: таъсири тағйирёбии фишори гидростатикӣ ба тағйирёбии аномалии речаи геотермикӣ ва гидрогеохимикӣ дар зерасоси сарбанди баландфишор, ки дар чинсҳои маҳлулшаванда ҷойгир мебошад.

Усулҳои таҳқиқот: таҳқиқоти назариявӣ, таҷрибавӣ ва озмоишӣ бо истифода аз усулҳои стандартӣ тавсияшуда ва амалкунанда; усулҳои гирифтани намуна аз ҷоҳ барои таҳлили минбаъдаи химиявӣ; усулҳои каротажи геофизикӣ: термометрӣ, кондуктометрӣ, сейсмоакустикӣ ва асбобҳои аз ҷониби муаллиф таҳияшуда; усулҳои термофизикии интиқоли гармӣ ва масса; усулҳои таҳлили математикӣ. Дар таҳқиқот усулҳои анъанавии омори математикӣ, амсиласозии математикии кори элементҳои алоҳида, усули математикии квадратҳои хурдтарин, инчунин барномаҳои гуногун истифода шудааст. Таҳқиқоти саҳроӣ дар асоси усулҳои мавҷудаи ташкил ва гузарондани таҳқиқотҳо, роҳандозӣ шудааст.

Навгонии илмӣ таҳқиқот:

1. Рушди минбаъдаи назария ва усулҳои идоракунии речаи полоишӣ дар зерасоси маҳлулшавандаи сарбандҳои баландфишор ба даст оварда шуд. Асоси концептуалии тақмили усулҳои низоми мониторинг бо таҳияи нишондиҳандаҳои меъёри арзёбии таъҷилии самаранокӣ ҷораҳои зиддиполоишӣ ва зиддисуффозионӣ ва ташаккули ҷораҳои таъмини бехатарии бунёди сарбанд тартиб дода шудааст.

2. Бори аввал амсилаи математикӣ барои ҷустуҷӯи оптималии роҳҳои мутаммаркази полоишӣ коркард карда шуда, геотермометр-гармисанҷи дуканала бо саҳеҳияти баланд барои объекти таҳқиқшаванда сохта шудааст.

3. Бори аввал амсилаи математикии кондуктометри трансформаторӣ, усул ва асбоб барои ҷенкунии таъҷилии электрогузаронии ҳоси обҳои маъданноки зеризаминӣ дар доираи васеи консентратсияи маҳлулҳои обӣ, коркард шудааст.

4. Бори аввал дар асоси назарияи интиқоли гармӣ ва масса, усули муайян намудани коэффитсиенти полоиш ва минтақаи пайдоиши роҳҳои мутаммаркази полоишӣ дар зерасоси сарбанд бо назардошти тағйирёбии ҳолати гармии замин коркард карда шудааст.

5. Таҷрибавӣ ҳодисаи физикии қаблан номаълум дар минтақаи объекти таҳқиқшаванда - пайдоиши пардаи гарминогузар ва тағйир ёфтани ҷойгиршавии амудии пардаи гарминогузар муқаррар карда шудааст. Сабаби ба таври аномалӣ гарм шудани қисми сатҳи болоии қишри замин дар минтақаи объекти таҳқиқшаванда бо кор карда баромадани усул ва низоми назоратии дусатҳаи тағйироти речаи гармӣ, муайян карда шудааст.

6. Ҳодисаи физикии қаблан номаълум барои объекти таҳқиқшаванда, афзоиши умқи мусаффошавии обҳои маъданноки зеризаминӣ, ва инчунин пайдоиши пардаи фишори гидравликӣ-осмотикии байни обҳои зеризаминии паст ва хеле баланд маъданнокшуда бо афзоиши фишори гидростатикӣ муқаррар карда

шудааст, ки дар асоси он бори аввал барои ҳифзи сарғаҳи қабати намақдори зерасоси сарбанд дастгоҳҳои идорашавандаи зиддисуффозионӣ коркард шудаанд.

Аҳамияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот:

- коркарди асбоби баландҳассоси дуканалаи геотермометр-гармисанҷ бо дақиқияти $0,0010^{\circ}\text{C}$, ки барои ҷустуҷуи оптималии ташакули роҳҳои мутаммаркази ҷолоишӣ ва муайян кардани коэффитсиенти ҷолоиш бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ ва масса.

- коркарди кондуктометри трансформаторӣ (индуктивӣ) дар асоси системаҳои микропротсессорҳои ҳозиразамон бо тавсифномаҳои мукамал, ки барои ҷен кардани электрогузаронии обҳои маъданноки зеризаминӣ дар ҳудуди аз $0,2$ то 600 мС/см бо хатоии $\pm 0,1$ мС/см, ва концентратсияи дар ҳудуди аз $0,2$ то 300 г/л бо дақиқияти $\pm 0,1$ г/л тавсия дода мешавад.

- муқаррар намудани (ба таври таҷрибавӣ) ҳодисаи физикии қаблан номаълум барои объекти таҳқиқшаванда - пайдоиши пардаи гарминогузар (тепловая завеса) ва тағйироти ҷойгиршавии амудии пардаи гарминогузар, ки барои муайян кардани тангшавии минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб (қисми рӯизаминии қишри замин) ва гармшавии зиёди он ҳамчун нишондиҳандаи гармшавии зиёдании қарри замин тавсия дода мешавад.

- усули муайян намудани коэффитсиенти ҷолоиш бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ ва масса, ки барои муайян кардани тағйироти хусусиятҳои ҷолоишии зери сарбанд ва минтақаи пайдоиши роҳҳои мутаммаркази ҷолоишӣ тавсия шудаанд.

- муқаррар намудани ҳодисаи физикии қаблан номаълум мусаффошавӣ ва шуршавии обҳои маъданноки зеризаминӣ барои объекти таҳқиқшаванда, инчунин қонуниятҳои физикии қаблан номаълуми зиёд шудани умқи мусаффошавии обҳои маъданноки зеризаминӣ имконият медиҳанд, ки барои қабули қарори техникийи дахлдор дар давраи сохтмон ва истифодабарии иншоот, роҳандозӣ мешаванд.

- сохтани асбоби идорашавандаи зиддисуффозионӣ дар тамоми дарозии қисми муҳофизатшавандаи қабати намақдори зерасоси сарбанд, ки барои ба қабати намақдор паҳш кардани обҳои маъданнок, ки қабати намақро аз обшави муҳофизат менамояд, истифода мешавад.

Натиҷаҳои таҳқиқот дар лоиҳакашӣ ва амалияи истифодабарии бахшҳои дахлдори Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон, Агентии беҳдошти замин ва обҳои назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, дар мавриди гузарондани корҳои озмоишӣ барои донишҷӯёни курсҳои махсуси «Иншооти гидротехникӣ», «Сохтмони гидротехникӣ», «Гидрология», «Истифодаи комплексӣ ва ҳифзи захираҳои об», ва инчунин аз руи ихтисоси «Идораи захираҳои об», пешниҳоди маърузаҳо ва дар машғулиятҳои амалӣ барои донишҷӯёни ихтисосҳои дахлдоре, ки дар муассисаҳои олий таҳсил мекунанд, дар мавриди тайёр намудан ва тақмили ихтисоси мутахассисоне, ки дар соҳаи истифодабарии иншооти гидротехникӣ кор мекунанд, тавсия карда мешаванд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Асоси концептуалии тақмили усулҳои гузаронидани мониторинг бо таҳияи нишондиҳандаҳои меъёри арзёбии таъҷили самаранокии тадбирҳои зиддиполоишӣ ва зиддисуффозиони ва ташаққули тадбирҳои техникийю технологияи таъмини беҳатарии зерасоси сарбанд. Рушди назария ва усулҳои идора намудани речаи ҷолоишӣ дар зерасоси маҳлулшавандаи сарбандҳои баландфишор.

2. Амсилаи математикӣ барои ҷустуҷуи оптималии минтақаҳои пайдоиши роҳҳои мутаммаркази ҷолоишӣ. Тарҳрезии дастгоҳи баландҳассоси дуканалаи геотермометр – гармисанҷ бо дақиқияти баланд.

3. Амсилаи математикии кондуктометри трансформаторӣ, усул ва таҷҳизот барои таъҷили чен кардани электрогузаронии хоси обҳои маъданноки зеризаминӣ дар доираи васеи концентратсияи маҳлулҳои обӣ.

4. Усули муайян намудани коэффитсиенти ҷолоиш дар зерасоси сарбанд бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ ва масса.

5. Таҷрибавӣ муқаррар намудани ҳодисаи физикии қаблан номаълум барои объекти таҳқиқшаванда - пайдоиши пардаи гарминогузар ва тағйир ёфтани ҷойгиршавии амудии пардаи гарминогузар.

6. Натиҷаҳои таҳқиқотҳои тағйирёбии речаи гидрогеохимиявии атрофи қабати намакдори зерасоси сарбанди НОБ-и Роғун, ки имконияти муқаррар кардани ҳодисаи физикии қаблан номаълум - пайдоиши пардаи фишори гидравликӣ-осмотикии байни обҳои зеризаминии паст ва хеле баланд маъданнокшуда бо афзоиши фишори гидростатикӣ фароҳам овард ва коркарди дастгоҳҳои идорашавандаи зиддисуффозионӣ барои ҷимояи сарғаҳи қабати намаки зерасоси сарбанд.

Дарчаи эътимоднокии натиҷаҳои таҳқиқот. Эътимоднокии натиҷаҳои кор ба истифодаи усулҳо ва воситаҳои мавҷудаи таҳқиқот асос меёбанд, ки бо натиҷаҳои ҷандинсолаи олимони ватанӣ ва хориҷӣ ба даст оварда шудаанд; дар натиҷаҳо, ки дар раванди таҳқиқотҳои илмӣ саҳроӣ ба даст оварда шудаанд; тасдиқи натиҷаҳои таҳқиқоти аёнӣ дар қиёс бо натиҷаҳо, ки бо истифода аз усулҳо ва технологияҳои муосир ба даст оварда шудаанд, инчунин натиҷаҳои таҳқиқотчиёни дигар; татбиқи коркардҳои рӯимизӣ бо истифодаи усулҳои мавҷуда; истифодаи усулҳои таҳлили омӯрӣ ва меъёрҳои арзёбии омӯриҳои натиҷаҳо, ки такрорпазирии зарурии натиҷаҳои бадастомадаро тасдиқ мекунад ва дар қиёс бо маълумоти муаллифони дигар; пазируфтани, дар рафти муҳокима, дар семинарҳои илмӣ ва конференсияҳои сатҳҳои гуногун. Дар ҷараёни гузаронидани озмоиш дар шабакаи пезометрии зерасоси сарбанди НБО-и Роғун, натиҷаҳои бадастомада аз руи миқдор ва сифат бо маълумотҳои таҷрибавӣ оид ба таҳлили химиявии намунаҳои аз ҷохҳо гирифташуда, мутобиқат мекунад. Дар раванди коркард ва сохтани кондуктометрҳои «NELT» ва «Кальмар», ҷенкунии электрогузаронӣ мутобиқи Стандарти давлатии 8567-90 анҷом дода шудааст. Маҳлулҳои озмоишӣ-санҷишӣ мутобиқи усули пешбининамудаи Стандарти давлатии 22171-90 омода карда шудааст. Натиҷаҳои андозагирӣ бо хусусиятҳои метрологии асбоби тасдиқшудаи "ANION-7500" бо истифода аз намунаҳои омода кардашуда, муқоиса карда шудааст.

Мутобиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисос илмӣ. Муқаррароти илмӣ дар диссертатсия пешниҳодшуда ба самти таҳқиқоти ихтисоси 23.05.07 - «Сохтмони гидротехникӣ» мувофиқи муқарраротҳои зерин мутобиқат мекунад:

- банди 1 «Таҳияи назария, усулҳои асосноккунии ҳисобҳо, тарҳрезӣ ва сохтани сарбандҳо аз маводи хокин; тақмили таҳқиқоти геотехникӣ, динамикӣ ва ҷолоишии иншооти обнигоҳдорӣ хокин, нишебиҳои онҳо, таҳкурсии бо соҳилҳо пайваст ва нишебиҳо, асосҳои илмӣ самтҳои дурнамои таъмир, конструкия ва истифодабарии сарбандҳои гилнок;

- банди 9 «Таҳияи усулҳои арзёбии таъсири сохтмони гидротехникӣ ба ҳудудҳои муҳити атроф, ташкили усулҳои нави ҳисоб ва лоиҳакашии иншооти ҳифзи муҳандиси»;

- банди 11 «Таъмини эътимодияти истифодабарии иншооти гидротехникӣ, таҳияи меъёрҳои нави беҳатарии онҳо, низомии нави назоратӣ ва мониторинги иншоот, тақмил додани усулҳои ташҳиси техникӣ, низомии мониторинги иншооти обӣ»;

Саҳми шахсии доктараби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот. Рисола натиҷаи таҳқиқоти чандинсолаи муаллиф дар давраи фаъолияти корӣ (с. 1989 - 2019) дар сохтмони НБО-и Роғун ба ҳайси: сардори минтақаи геофизикии шуъбаи иқтишоф ва таҳқиқотҳои геофизикии институти «Гидропроект» ш. Маскав (с. 1989 - 1992), муовини сармуҳандис, сармуҳандис ва директори мудирияти сохтшавандаи НБО-и Роғун (с. 1993-2003), муовин. директори генералии ҶСК «Гидроспетстрой» (с. 2004-2007), сардори шуъбаи лоиҳакашии корӣ, сардори шуъбаи тадқиқотҳои геофизикӣ ва мушоҳидаҳои саҳроии ҶСК «НБО Роғун» (с. 2008-2011) ва директори ҶДММ «Гидроспецпроект» (с. 2012-2019), ва баъд дар озмоишгоҳи «Иншооти гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ мебошад.

Муаллиф ҳадафҳои таҳқиқотро мурабта ба миён гузошта, натиҷаҳои мушоҳидаҳои речаи солҳои гузаштара чамбаст намуда, усули кондуктометрии ченкунии электрогузаронии обҳои маъданнокӣ зеризаминиро таҳия намудааст, асбоби кондуктометрро сохта ва тавсифномаҳои метрологияи кондуктометрро ба таври таҷрибавӣ таҳқиқ кардааст, ва инчунин геотермометр-гармисанҷро коркард намуда оид ба чен кардани дараҷаи маъданнокӣ обҳои зеризаминӣ ва ҳарорат дар шабакаҳои пезометрии зерасоси сарбанди НБО-и Роғун таҷрибаҳо гузарондааст. Коркарди натиҷаҳои таҳқиқот ба муаллиф имкон додааст, ки барои объекти таҳқиқшаванда ҳодисаҳои физикии қаблан номаълумро муқаррар намояд.

Тасвиб амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар конференсияи байналмилалӣ ва ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ пешниҳод ва муҳокима карда шуданд: X-мин мактаби физикаи гармо "Тадқиқотҳои физикаи гармо ва андозагирӣ дар назорати сифати моддаҳо, маводҳо ва маснуот", 2016, Душанбе-Тамбов, конф. ҷумҳ. илмӣ-амалӣ «Мушкилоти муосири илмҳои табиатшиносӣ», Душанбе, 2017, конф. байнал. «Гузаришҳои фазаӣ, падидаҳои критикӣ ва ҳодисаҳои ғайрихаттӣ дар материяи конденсатӣ», Махачқалъа, 2017, XXVIII-мин конф. байнал. илмӣ-амалӣ «Пешгири. Наҷот. Кӯмак», Химки, 2018, конф. байнал. илмӣ-амалӣ «Масъалаҳои актуалии рушди илм, техника ва технологияи муосир», Самара, 2018, IX-мин конф. байнал. илмӣ-амалӣ «Проблемаҳои ҷорӣ бехатарии сӯхтор, пешгирӣ ва рафъи ҳолатҳои фавқулодда», Кокшетау, 2018, IX-мин конф. умумирусияи илмӣ-амалӣ «Бехатарии сӯхтор: мушкилот ва дурнамо», Воронеж, 2018, VII-мин конф. байнал. илмӣ-амалӣ «Ҷанбаҳои таърихӣ, мушкилоти ҷорӣ ва дурнамои рушди мудофияи шаҳрвандӣ», Кокшетау, 2019, конф. байнал. «Гузаришҳои фазаҳо, падидаҳои критикӣ ва ҳодисаҳои ғайрихаттӣ дар материяи конденсатӣ», Махачқалъа, 2019, XXIX-мин конф. байнал. илмӣ-амалӣ «Пешгири. Наҷот. Кӯмак», Химки, 2019, XIII-мин конф. байнал. илмӣ-амалӣ «Бехатарии сӯхтор ва ҳолатҳои фавқулодда», бахшида ба Соли фарҳанги бехатарӣ, Иваново, 2018, VIII-мин конф. умумирусиягии илмӣ-амалӣ бо иштироки байнал. «Таҷҳизот ва технологияҳои муосир: мушкилот, вазъият ва дурнамо», Рубсовск, 2018, конф. байнал. «Гузаришҳои фазаҳо, падидаҳои критикӣ ва ҳодисаҳои ғайрихаттӣ дар материяи конденсатӣ», Махачқалъа, 2019, V-мин конф. байнал. илмӣ-техникӣ «Усулҳо ва воситаҳои муосири омӯзиши хосиятҳои гармофизикии моддаҳо», Санкт-Петербург, 2019, XIV-мин конф. байнал. илми ҷавонон «Ҳонишҳои Тинчуринӣ», Қазон, 2019, конф. ҷумҳ. илмӣ-амалӣ «Энергетика: вазъият ва дурнамои рушд», Душанбе, 2020, IV-мин семинари умумирусиягии илмӣ-амалӣ «Проблемаҳои муосири гидравлика ва сохтмони гидротехникӣ», Москва, 2021, V-мин конф. байнал. илмӣ конф. «Масъалаҳои

физикии координатсионии химия», бахшида ба хотираи докторҳои илмҳои химия, профессорҳо Ёқубов Х.М. ва Юсуфова З.Н., Душанбе, 2021, 12-мин мактаби байнал. гармофизики «Гармофизика ва технологияҳои иттилоотӣ», Тамбов, 2022, конф. ҷумх. илмӣ-амалӣ «Маҷмааи хоҷагии об: мушкилот ва роҳҳои ҳалли онҳо», Душанбе, 2022, 13-мин мактаби байнал. гармофизики «Гармофизика ва технологияҳои иттилоотӣ», Душанбе-Тамбов, 2022, V-мин семинари умумирусиягии илмӣ-амалӣ «Проблемаҳои муосири гидравлика ва сохтмони гидротехникӣ», Москва, 2022, VI-мин семинари умумирусиягии илмӣ-амалӣ «Проблемаҳои муосири гидравлика ва сохтмони гидротехникӣ», Москва, 2023, инчунин дар семинарҳои илмии кафедраи «Техникаи гармо ва таҷҳизоти гармидиҳӣ»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи ак. М. Осимӣ, Душанбе, с. 2007-2023 ва дар Институти масаъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Душанбе, с. 2020-2023.

Амалишавии таҳқиқот. Дар шароити истеҳсоли зонд-кондуктометрҳои истеҳсолшудаи «NELT», «Калмар» ва геотермометр-тепломер (гармисанҷ) дар якҷоягӣ бо ҶДММ «NELT» аз соли 2012 то соли 2018 барои назорати речаи гидрогеохимиявӣ дар шабакаи пезометрии зерасоси сарбанди НБО-и Роғун истифода бурда шуданд (шаҳодатнома замима карда мешавад); натиҷаҳои таҳқиқоти хусусиятҳои гидрогеохимиявии зерасоси сарбанд ба қабули қарорҳои дахлдори техникийи лоиҳаи тадбирҳои аз шусташавӣ муҳофизат намудани қабати намақдор мусоидат намуд; Барои арзёбии сифати қорҳои сементкунонӣ дар массивҳои чинҳои кӯҳӣ дастгоҳи тамбақунандаи сенсори сейсмикӣ (ҳамчун ихтироъ эътироф шудааст) таҳия, истеҳсол ва ба истифода дода шудааст.

Ҳамаи коркардҳои илмӣ дар шароити истеҳсоли ва истифодабарӣ дар зерасоси сарбанди НБО-и Роғун санҷида шудаанд.

Татбиқи натиҷаҳои таҳқиқот. Аз соли 2012 барои назорати речаҳои гидрогеохимиявӣ ва геотермикӣ дар шабакаи пезометрии зерасоси сарбанди НБО-и Роғун зонд-кондуктометрҳо «NELT», «Калмар» ва геотермометри истеҳсолшуда ба истифода дода шудаанд. Кондуктометрҳо ва геотермометр-гармисанҷ аз тарафи ҶДММ «Гидроспецпроект» истифода шудаанд (шаҳодатномаи татбиқ замима карда шудааст). Амсилаи математикийи коркардшудаи кондуктометр дар чараёни машғулиятҳои озмоишии кафедраи «Физикаи умумӣ» - и Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ дар раванди таълим қорӣ карда шуданд (санади дахлдор замима карда шудааст). Натиҷаҳои таҳқиқот ва коркардҳои илмӣ бо нахустпатентҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ва патентҳои Ташкилоти патентии Авруосиёи ҳифз шудаанд (замима карда мешавад).

Итишорат аз рӯи мавзӯи диссертатсия. Мазмуни асосии рисола дар 82 асари ҷопшуда, аз ҷумла 29 адад дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Комиссияи олии аттестатсионии Федератсияи Россия, 8 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 4 патенти Ташкилоти патентии Евроосиёи (ЕАПО) инъикос ёфтааст, инчунин дар 36 мақола, ки дар маҷмӯаҳои конференсияҳои илмӣ байналмилалӣ, ҷумҳуриявӣ ва 5 монография ба таъб расидаанд. Аз тарафи муаллиф 16 мақола дар алоҳидагӣ таълиф ва нашр карда шудааст.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, шаш боб, хулоса, тавсияҳо, рӯйхати адабиётҳо, аз ҷумла 302 истинодҳои библиографӣ ва дар ҳаҷми 325 саҳифа оварда шудааст, ки аз он 250 саҳифа матни асосӣ, аз ҷумла 41 ҷадвал, 103 расм иборат мебошад. Инчунин дар 42 саҳифа 6 замимаҳо оварда шудаанд.

МАЗМУНИ АСОСИИ РИСОЛА

Дар муқаддима мубрамияти мавзуи кор асоснок гардида, мақсад ва вазифаҳои таҳқиқот муайян карда шуда, муқаррароти асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда, навоариҳои илмӣ ва аҳамияти амалии натиҷаҳои бадастомада, тавсифи умумӣ, сохтор ва мазмуни мухтасари рисола, инчунин маълумот дар бораи тасвиби натиҷаҳои рисола ва саҳми шахсии муаллиф дар масъалаҳои таҳқиқшуда, баррасӣ карда шудааст.

Дар боби якуми диссертатсия натиҷаҳои таҳлили иқтисодии захираҳои об ва хусусиятҳои сохтмони гидротехникӣ дар Тоҷикистон; асосноккунии интихоби объекти таҳқиқот; маълумот дар бораи таҳлил ва арзёбии сохтори геологии минтақаи сохтмони сарбанди НБО-и Роғун; хусусиятҳои тектоникии минтақаи объекти таҳқиқотӣ; арзёбии ҳолати қабати намакдори зерасоси сарбанд; баррасӣ, таҳлил ва арзёбии пардаҳои зиддиполоишӣ ва хусусиятҳои ташаккулиҳои обҳои зеризаминӣ дар минтақаи объекти таҳқиқотӣ, баррасӣ шудааст.

Захираҳои об дар таъмини рушди устувори Тоҷикистон нақши муҳим доранд. Об дар айни замон манбаи асосии истеҳсоли энергияи кишвар мебошад - зиёда аз 95% нерӯи барқ дар кишвар тавассути нерӯгоҳҳои обӣ - барқӣ истеҳсол карда мешавад.

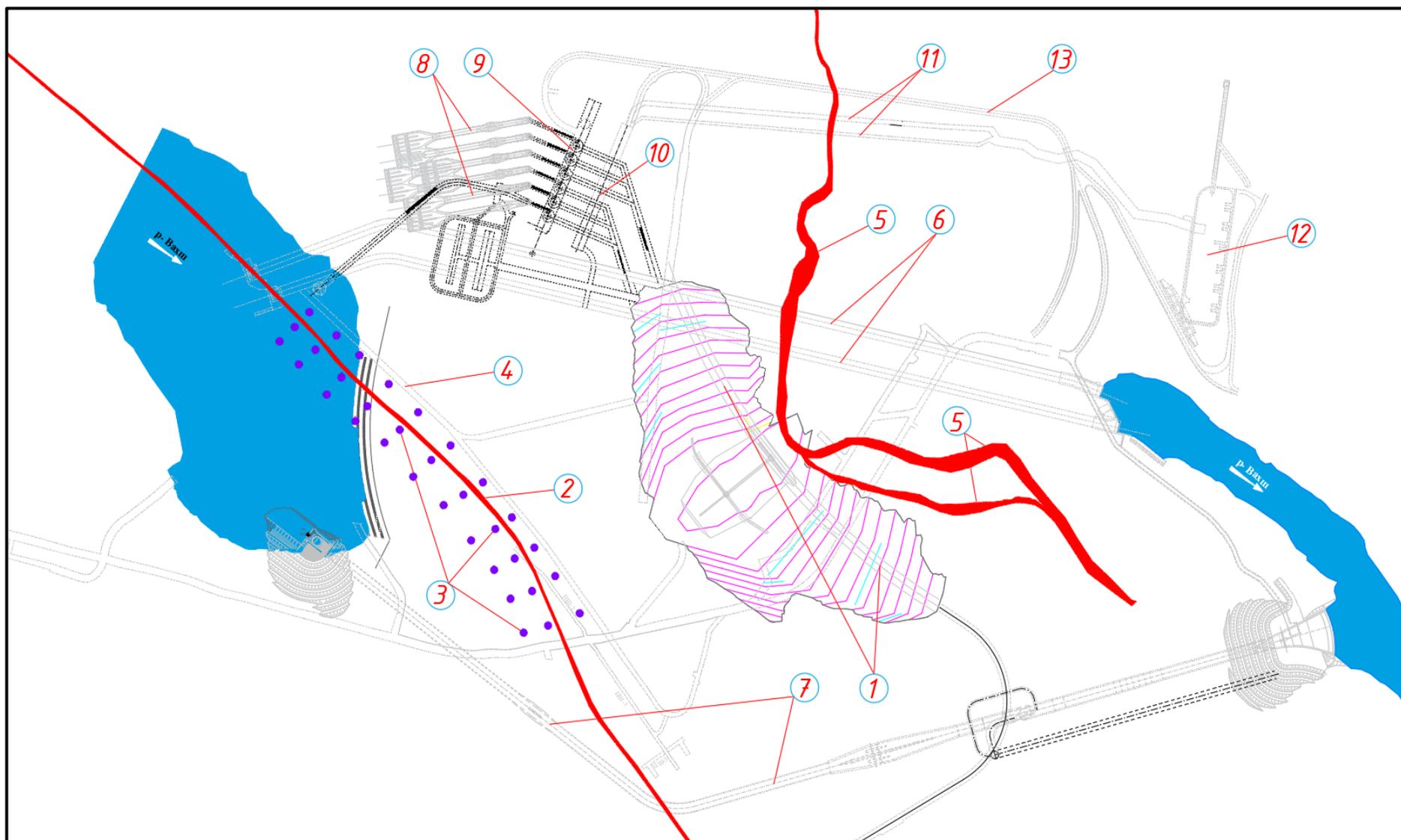
Сохтмони иншооти гидротехникӣ ва гидроэнергетикӣ дар Тоҷикистон ҳамчун асоси комплекси сӯзишворию энергетикӣ (КСЭ) бо омилҳои табиӣ чуғрофӣ муайян карда шуда аст, зеро зиёда аз 50% захираҳои оби Осиёи Марказӣ дар Тоҷикистон ташаккул меёбанд.

Захираҳои иқтисодии гидроэнергетикии Тоҷикистон дар як сол 527,06 миллиард киловатт-соатро ташкил медиҳад, ки танҳо 4-5% фоизи он истифода мешавад.

Дар ҳоли ҳозир воқеаи барҷаста дар гидроэнергетикаи Тоҷикистон сохтмони НБО-и Роғун дар дарёи Вахш ба шумор меравад. Лоихаи насби шаш гидроагрегат бо иқтисодии умумии 3600 МВт бо тавлиди миёнаи солона 13,8 миллиард киловатт-соатро пешбинӣ мекунад. Истеҳсоли миёнаи солонаи нерӯи барқ дар НБО-и Роғун беш аз 17,0 миллиард кВт/соатро ташкил хоҳад дод.

Сохтори НБО-и Роғун иборат аст аз (расми 1): сарбанди сангфарш бо ядрои зиддиполоишӣ аз хок бо баландии 335 м ва ҳаҷми 73,6 миллион м³; 7 иншооти туннели сохтмонӣ ва истифодабарии обкашӣ бо фишори кории дарвозаҳо аз 150 то 200 м ва диаметри нақб аз 10 то 15 м бо иқтисодии умумии обгузаронии 8220 м³/сек; обгирандаи бисёрсатҳаи 5-зинаи чуқур бо фишори лоихавӣ дар дарвозаҳои таъмири ҳолати фавқулӯда 140 м; 6 қубурҳои обгузари ба турбина бо рӯйпуши металии диаметраш 7,5—7,0 м бо фишори шахтавии баландиаш 212 м ва минтақаи уфуқиаш 356 м; толори зеризаминии НБО; бинои зеризаминии трансформаторҳо; комплекси муҳофизати қабати намакдори зерасоси сарбанд бо рӯйпуши металии ва таҷҳизот; нақбҳои ноқилӣ, нақлиётӣ ва пиёдагард, ки дарозии умумии онҳо қариб 75 километр мебошад.

Бо назардошти он, ки мавқеи сохтмони НБО-и Роғун дар минтақаи мураккаби шароити муҳандисӣ-геологӣ, геотектоникӣ, гидрогеохимикӣ ва сеймикӣ ҷойгир аст, талабот ба таҳқиқ ва иқтишофи зерасоси иншоот дар давраи сохтмон ва истифодабарӣ бо татбиқи усулҳо ва таҷҳизотҳои ҳозиразамон меафзояд, инчунин кор карда баромадани системаҳои ҳозиразамони тадбирҳои муҳандисӣ муҳофизат намудани зерасоси сарбанд аз вайроншавӣ вазифаи ниҳоят муҳим ба ҳисоб меравад.



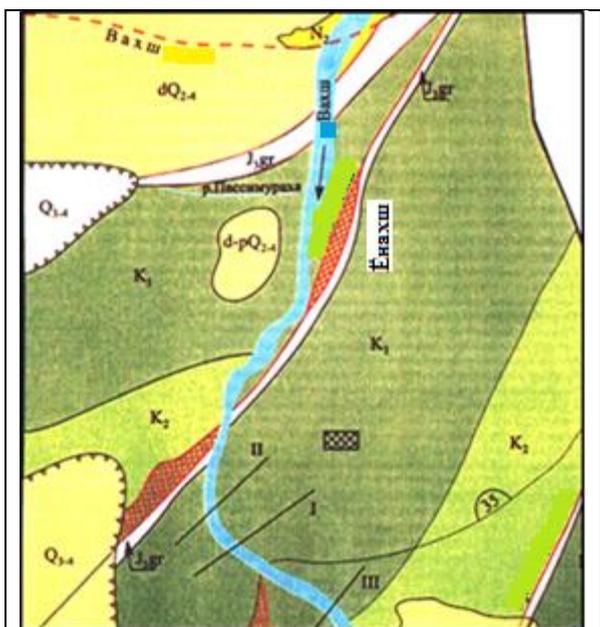
Расми 1. - Нақшаи сарбанди нерӯгоҳи барқи обии Роғун: 1-нишонахати (меҳвари ядро) сарбанд, 2-шикастаи Ёнахш (қабати намак), 3-шабакаи мушоҳидавии пезометрӣ, 4-штолняи намаки соҳили чап, 5-шикасти №35, 6- нақби сохтмони сатҳи 1 ва 2. , 7 - нақби сохтмони сатҳи 3, 8-кубурҳои обгузари агрегати 1-6, 9-толори агрегатҳо, 10-бинои трансформаторҳо, 11-нақби ноқилҳо, 12-Асбоби маҷмаавии тақсимкунандаи элегазии изолятсионӣ, 13-нақби нақлиёти Т-4

Хусусиятҳои физикӣ-механикӣ ва чандирӣ-мустаҳақамии чинсҳои сангӣ ҳам аз сохтори массаи чинсҳо ва хосиятҳои чинсҳои дар вақти гирифтани намуна ва ҳам аз тағйироти экзогенӣ, ки дар натиҷаи равандҳои обу ҳаво ва баровардани фишорҳои табиӣ ба амал меоянд, вобаста аст. Дар натиҷаи корҳои муҳандисии геологӣ дар рафти таҳқиқот гузаронидашуда, ки таҳқиқотҳои гидрогеологӣ, геомеханикӣ ва геофизиқиро дар бар мегирад, дар массив ҷаҳор минтақаи муҳандисии геологӣ муайян карда шуданд, ки аз рӯи арзишҳои ин хосиятҳо фарқ мекунанд: I - минтақаи баланди обу бодхурда ва рафъи шиддатнокӣ; II - минтақаи обу бодхурда ва рафъи шиддатнокӣ; III – минтақаи рафъи шиддатнокӣ; IV - чинсҳои амалан бетағйир.

Аз ҳама бузургтарин шикастаҳои вайронӣ, ки бевосита дар мавзеи НБО-и Роғун мушоҳида мешаванд, шикастаҳои рости баръаксии Гулизиндон ва Ёнахш мебошанд, ки ба шикастаи Вахш дараҷаи якум таъяс мекунанд ва ба самти ҷанубу ғарб ба қабатҳои сангӣ ба таври мутаввоҷ паҳн мешаванд.

Аз ду шикасти дараҷаи 2-юм, ки бевосита қитъаи ягонаи тектоникӣ ташкил медиҳанд, шикасти Гулизиндон аз тарафи канораи берун аз иншооти асосӣ мегузарад (расмҳои 2 ва 3).

Ҳар ду шикаст аз шикасти Вахш дар наздикии лаби дарёи Оби-гарм ҷудо шуда, ба самти ҷанубу ғарбӣ ба таври мутаввоҷ ҳобиданд ва қитъаи тектоникӣ, ки дар дохили он сарбанди Роғун воқеъ аст, маҳдуд мекунанд. Дар дохили мавқеъ, ки дар он сарбанд воқеъ аст, шикасти баръаксии Гулизиндон қад - қад сохили ҷап тӯл мекашад, шикасти Ёнахш бошад, маҷрои дарёи Вахшро дар 0,5 километр дуртар аз меҳвари сарбанд ба тарафи рости сохил мегузарад ва минбаъд қад-қад каторкуҳи Сурх-куҳ аз сохили рост тадриҷан дур шуда меравад.



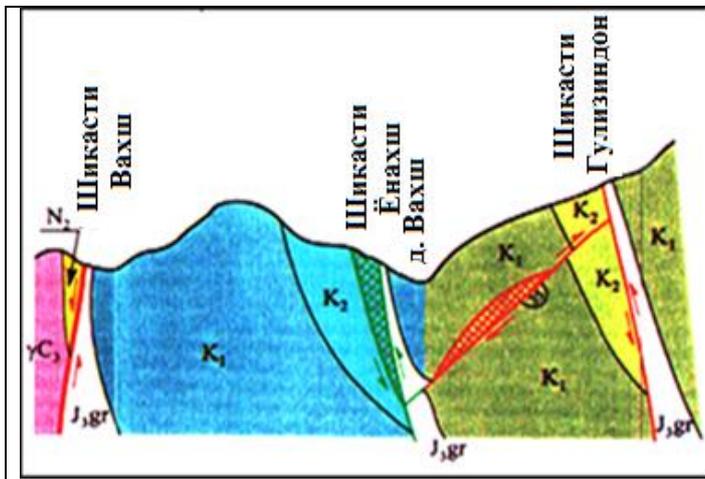
Расми 2. - Сохти геологӣ минтақаи НБО-и Роғун

Дар байни шикастаҳои Ёнахш ва Гулизиндон шикасти натиҷавии дараҷаи III рақами 35, ки аз шикасти Гулизиндон то шикасти Ёнахш тӯл мекашад ва 110 метр поёнтар аз зерасоси сарбанд аз маҷори дарёи Вахш мегузарад.

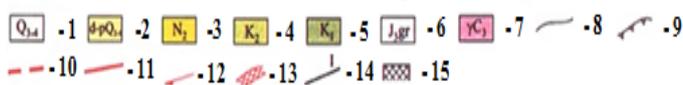
Фаъолияти муосири тектоникӣ дар мавқеи сохтмони гидрогиреҳи Роғун боиси шиддати баланди табиӣ гардид. Аҳамияти ин шиддатҳо бо истифода аз усулҳои геофизиқӣ ва усули рафъи шиддати ниҳой дар ҷоҳҳо ва нақбҳои, ки дар дохили кӯҳ дар ҷуқури то 350 м ҷойгиранд, ҷен карда шуданд Вектори шиддати максималӣ ҷойгиршавии субуфқӣ дорад ва ба сӯи қабат ба қабат ҷойгиршавии ҷисмҳои сангӣ равона аст.

Дар ҳавзи болоӣ, 400 - 500 м аз меҳвари сарбанд, дар зери тахти болоии он, ғафсии **мели**

поёнӣ (нижнемеловая) мувофиқ ба тақшоншудаҳои давраи юраи боло (верхняя юра) ҷойгир шудаанд, ки аз бастаи сангҳои алевролитии ғафсиаш тақрибан 20 м ва қабати намаксанг иборат мебошад, ки ба шикасти Ёнахш пайваст аст, аз дарё бо кунҷи тақрибан 30° мегузарад (расми 4). Дар ин маврид раҳнаи шикаст ба таври мутаввоҷ ба қабатҳои чинсҳои қабатҳои мели поён (нижнемеловая) ва тақшоншудаҳои юраи боло ба як самт меафтанд ва бинобар ин қабати намак ба ҳисоби миёна аз 1 то 10-12 м тағйир ёфта, дар ҳар 100 метр ҷуқури 15 м зиёд мешавад.



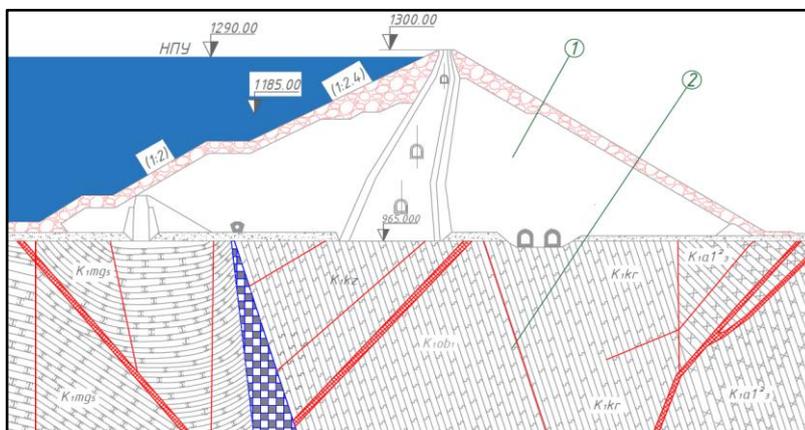
Аломатҳои шартӣ



Расми 3. - Нақшаи ҳаракатҳои ҳозиразамони тектоникӣ: 1- қисмҳои ярҷии сангӣ, 2- ташаккулифтаҳои чорумини фучур ва ба ҳам пайваста, 3 - конгломератҳои плиосен, 4 – оҳаксангҳо, гилсангҳо, регсангҳо ва ғачҳои давраи мели боло, 5 – регсангҳо ва алевролитҳои давраи мели поён, 6 – гилсангҳои поён аз сатҳи обҳои зеризаминӣ – намаксанги давраи юраи боло, 7 – гранитоидҳо, 8 – сарҳади стратиграфӣ, 9 – сарҳади чинсҳои ярҷии сангӣ, 10 – шикастаи амиқи дараҷаи 1, 11 – шикастаҳои дараҷаи 2 ва 3, 12 – самти ҳаракат, 13 – минтақаи резашуда, 14 – вариантҳои нишонхат, 15 – толори зеризаминии агрегатҳо

Сатҳи қабати намакро 20 — 25 метр поёнтар аз ҳатти оби дарё ва дар сатҳи обҳои зеризаминӣ дар паҳлуҳои дара мушоҳида кардан мумкин аст. Дар зери ядро қабати якбора ғутидаи намаксанг дар чуқурии тақрибан 900 м ҷойгир мебошад.

Сатҳи шусташавии намак аз ҷониби обҳои зеризаминӣ 25 - 30 м поёнтар аз сатҳи обҳои зеризаминӣ ҷойгир шудааст, ҳангоми дур шудан аз дарё сатҳи болоии намак тадричан баланд мешавад. Ҷоҳҳои, ки дар наздикии дарё, дар соҳили чап парма карда шудаанд, сатҳи болои намакро дар баландии 956 метр, дар соҳили рост, 500 метр аз дарёи Вахш дур сатҳи болои намакро дар баландии 964 м ва дар соҳили чап дар баландии 972 м ошкор карданд. Фазаи болои намак, обшуста шуда, аз чинсҳои гуногун (брекчия) пур шудааст.



Расми 4. - Буриши амудии сарбанди асосӣ (1) ва зерасоси (2) НБО-и Роғун

Намак (галит), ки қабати ҷамъшударо ташкил медиҳад, санги зиччи хокистарранг, гулобӣ, оҳаранг буда, сохтори кристаллии хуб муайяншуда, тобиши шишагӣ дар шикастаҳои тару тозаро доро мебошад. Аз таҳлилҳои кимиёвӣ, таркиби миёнаи намаки дар шакли намакҳои гипотетикӣ ифода ёфта, дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Ҷадвали 1. - Намакҳои гипотетикӣ дар, %

NaCl	MgCl ₂	MgSO ₄	MgCO ₃	CaCl ₂	CaSO ₃	CaCO ₃	Ca(HCO ₃) ₂	Чинс. порашуда	Миёна
79,32	0,05	0,08	1,08	0,03	11,1	1,69	0,03	6,76	100,06

Тавре, ки аз ҷадвали 1 дида мешавад, намаки асосӣ дар ин ҷо NaCl, яъне галит мебошад, намакҳои боқимонда аҳамияти тобей доранд.

Қисми дар об маҳлулшавандаи намак галит буда, 75,8 — 92,0% тамоми чинсҳои ташкил медиҳад ва таркиби қисми маҳлулшавандаро ангидрит, карбонатҳо, пораҳои чинсҳои мавҷуддошта ва маъданҳои ташкил медиҳанд.

Муҳофизати чинсҳои ба осонӣ маҳлулшавандаро аз шусташавӣ ва суффозия ҳангоми сохтан ва истифодабарии иншооти гидротехникӣ дар натиҷаи ба вучуд

овардани пардаҳои зичи зиддиполоишишӣ, ки масъалаи кам кардани суръати чараёни полоиши обро дар тарқишҳо ҳал мекунад, ба даст овардан мумкин аст, ки садди роҳи инкишоф ёфтани суффозияи механикӣ, химиявӣ ва ба вучуд омадани роҳҳои мутамаркази полоишӣ мегардад.

Дар асарҳои С.Д. Воронкевич, А.Н. Адамович, Л.И. Малышева, Г.В. Зернова, В.П. Недриги, И.А. Парабучева, Л. Молокова, Н.Г. Трупаков, Б.А. Ржаницина, В.И. Сергеева, В.Е. Соколов, А.Холсби, Ч. Кэррон, А. Камбефорт ва инчунин муҳаққиқони дигар, ки таҷрибаи фарогирро дар сохтани пардаҳои зиддиполоишӣ ва ҳисобкунии параметрҳои онҳо вобаста ба шароити муҳандисию геологии зерасоси сарбанд дида баромадаанд, мушоҳида кардан мумкин аст.

Дар соҳаи проблемаҳои назариявии гидрогеохимия, ки асосгузори он В.П. Вернадский мебошад, оид ба таърихи пайдоиши обҳои табиӣ, ба низом даровардани обҳои зеризаминӣ аз руи хосиятҳои химиявӣ ва таркиб, хусусиятҳои инкишофи онҳо ва қонунҳои асосии гидрогеохимиявӣ асари бунёди офарида шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқотҳои гидрогеохимикӣ дар монография ва мақолаҳои О.А. Алекин, М.Е. Алтовский, С.А. Брусиловский, А.Н. Бунеев, М.Г. Валяшко, А.П. Виноградова, Е.А. Барса ва М.И. Зайделсон, И.К. Зайцева, В.П. Зверева, Н.К. Игнатович, В.В. Красинцева, С.Р. Крайнов, А.М. Овчиников, К.Е. Питьева, Е.В. Посохова, В.С. Самарина, С.И. Смирнова, В.М. Швец, Г.А. Максимович ва ғ. оварда шудаанд.

Таркиби кимиёвии обҳои зеризаминӣ дар минтақаи рушди намақдори зерасоси сарбанди НБО-и Роғун аз сатҳи болои он (саргах) сар карда, якрангтар аст. Дар ин ҷо, чун қоида обҳои зеризаминии хлориди натрий мебошанд. Ҳангоми аз 3 то 60 г/л тағйир ёфтани маъданнокии умумӣ тадриҷан пай дар пай тағйир ёфтани навъҳои об мушоҳида мешавад: сулфати калтсий — на бештар аз 4 г/л; сулфати натрий - аз 2,5 то 12 г/л; хлориди сулфати натрий - аз 2,5 то 17 г/л; хлорид-сулфати натрий - аз 7,5 то 60 г/л; хлориди натрий - зиёда аз 60 г/л. Оби зеризаминии маъданнокиаш зиёда аз 30 г/л, чун қоида, ба хлориди натрий тасниф карда мешавад. Гузариш ба ин навъи об дар сатҳҳои мутлақ тақрибан 950 м, яъне дар сатҳи болои намақ чараён мегирад.

Тағйир ёфтани таркиби химиявии обҳои зеризаминӣ дар фазо ва вақт дар зери таъсири омилҳои табиӣ ва сунъӣ ба амал омада метавонад. Яке аз омилҳои сохтмони сарбандҳои баландфишор мебошад, ки ин боиси тағйир ёфтани речаи гидрогеохимикӣ, геотермикӣ ва полоиш дар зерасоси сарбанд мегардад.

Дар **боби дуюми** рисола принципҳои ташкили мониторинги муҳандисӣ, усулҳои ва технологияи таҳқиқи тағйирёбии таркиби обҳои зеризаминӣ бо истифода аз усулҳои ва асбобҳои классикӣ, аз қабилҳои ченкунии муқовимат, ҳарорат ва гирифтани намунаи об аз ҷоҳҳои баррасӣ карда шуда, имкониятҳои истифодаи технологияҳои муосири омӯзиши тағйироти таркиби обҳои зеризаминӣ (речаи гидрогеохимикӣ), шароити геотермикӣ ва речаи полоишӣ низ баррасӣ ва асоснок карда шудаанд.

Дар баробари баланд шудани сатҳи об дар обанбор чараёни полоишӣ дар зерасоси сарбанд зиёд мешавад. Оби мусалфҳо вобаста ба фишори ҷорӣ (фишори гидростатикӣ), аз тарқишҳои ворид шуда, ба обҳои маъданнокиашон хеле баланд, ки қабати намақро муҳофизат мекунад, расида, концентратсияи обҳои минералии зеризаминиро дар амиқ тағйир медиҳад. Минбаъд дар зери таъсири чараёнҳои полоишӣ қисми фишурдашудаи обҳои минералӣ аз қабати намақ дуртар интиқол дода мешавад, ки ин боиси тағйир ёфтани речаи гидрогеохимикӣ зерасоси сарбанд мегардад.

Вазифаҳои асосие, ки дар рафти мониторинг ҳал карда мешаванд, аз инҳо иборатанд: назорати речаи гидрогеохимиявии зерасоси сарбанд; назорати речаи геотермикӣ ва полоишӣ дар зерасоси сарбанд; ташкили мушоҳидаҳои кори системаи муҳофизати зерасос; ошкор намудани сабабҳои инҳирофи речаи додасуда; арзёбии инҳирофҳои мушоҳидашуда дар зерасос ҳангоми сохтмон, истифодабарӣ ва идоракунии равандҳои техногенӣ; пешгӯии рушди вазъиятҳои ба вучуд омада ва интихоби варианти оптималие, ки оқибатҳои манфии вайрон кардани речаи додасударо бартараф мекунад.

Мониторинг мавҷудияти маълумоти муфассалро дар бораи хусусиятҳои речаи гидрогеохимиявӣ дар зерасоси сарбанд ҳангоми сохтмон, дар ҳолати муқаррарии кор, инчунин таҳияи арзишҳои меъёрҳои ин параметрҳоро талаб мекунад.

Низоми мониторинги зерасоси сарбанд чузъи мустақили мониторинги умумӣ мебошад, ки нақшаи принципалии он дар расми 5 оварда шудааст.



Расми 5. - Нақшаи умумии низоми мониторинги зерасоси сарбанд

Барои кори самараноки тамоми низоми мониторинг эҷод кардани амсилаи функционалии мониторинг ва ба нақша гирифтани тамоми занҷири технологӣ аз гирифтани маълумот то қабули қарор аҳамияти калон дорад. Тарҳрезии низоми мониторинги ҳифзи қабати намак аз панҷ марҳила иборат аст:

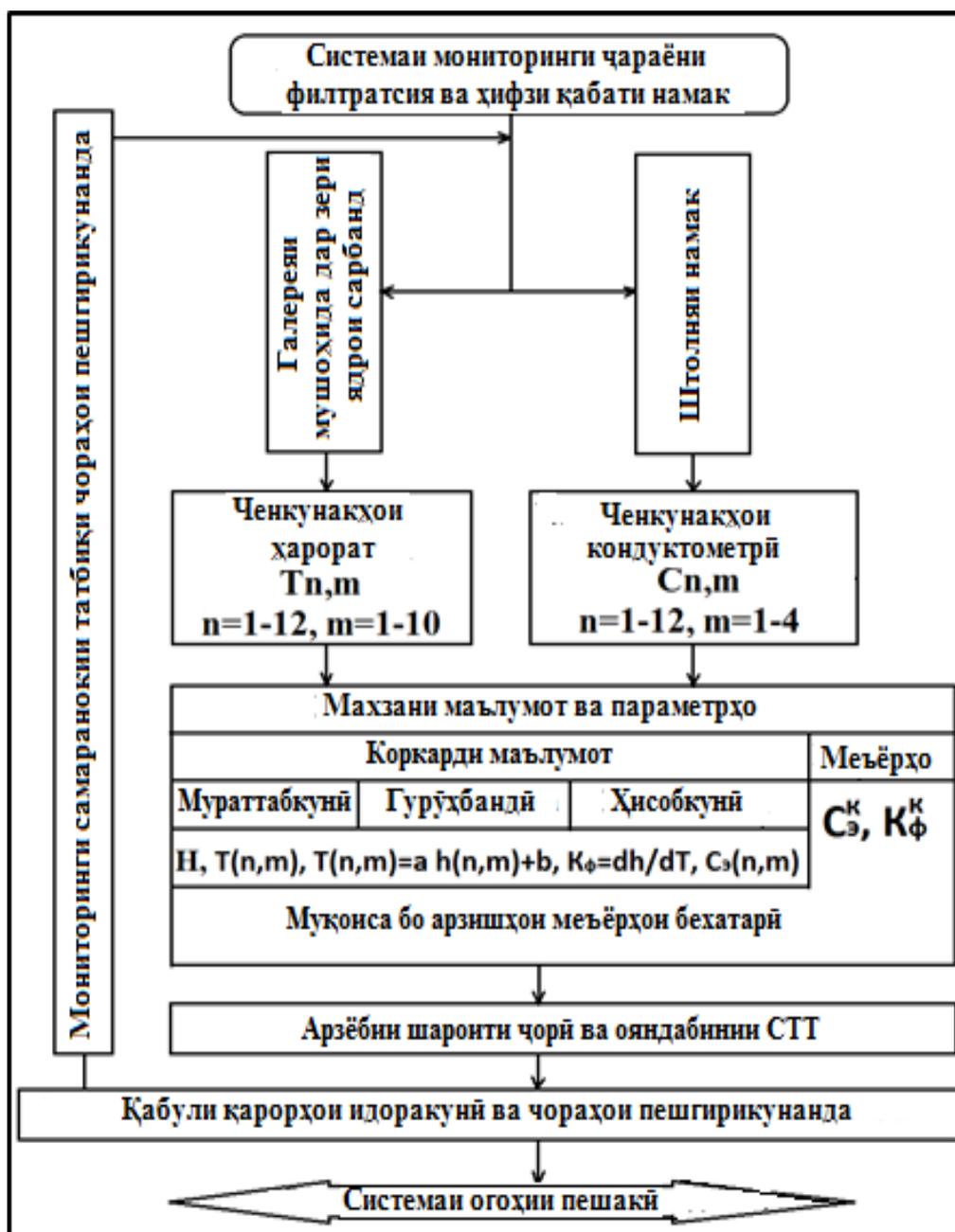
1. **Муайян намудани вазифаҳои низоми мониторинг ва талаботи иттилоотие**, ки барои татбиқи онҳо заруранд. Дар ин марҳилаи тарҳрезӣ бояд усулҳои асосии омории коркарди маълумот интихоб карда шаванд, зеро басомад ва муҳлати мушоҳидаҳо, инчунин талабот ба дурустии қиматҳои ба даст овардашуда бештар ба онҳо вобаста аст.

2. **Таъсиси сохтори ташкилии шабакаи мушоҳидаҳо ва таҳияи принципҳои татбиқи онҳо.** Дар ин марҳила бо назардошти вазифаҳои гузошташуда сохтори асосии шабакаи мушоҳидаҳо муайян карда мешавад.

3. **Сохтани шабакаи мониторингӣ.** Дар ин марҳила таносуби намудҳои шабакаҳои мушоҳида аниқ карда мешавад; макони ҷойгиршавии бунгоҳҳои

чамъоварии иттилоот муқаррар карда мешаванд. Дар сурати мавҷуд будани системаҳои автоматӣ ва масофавӣ, барномаи кори онҳо муайян карда мешавад. 4. **Таҳияи системаи ба даст овардани иттилоот ва пешниҳоди он ба истеъмолкунандагон.** Дар ин марҳила хусусиятҳои сохтори иерархии гирифтани ва чамъоварии маълумот муайян карда мешаванд; таҳияи бонки маълумот пешбинӣ шудааст; тавсифи муфассали шаклҳои асосии иттилоот (ҳисобот, барраси, маълумотнома, фармон) дода мешавад.

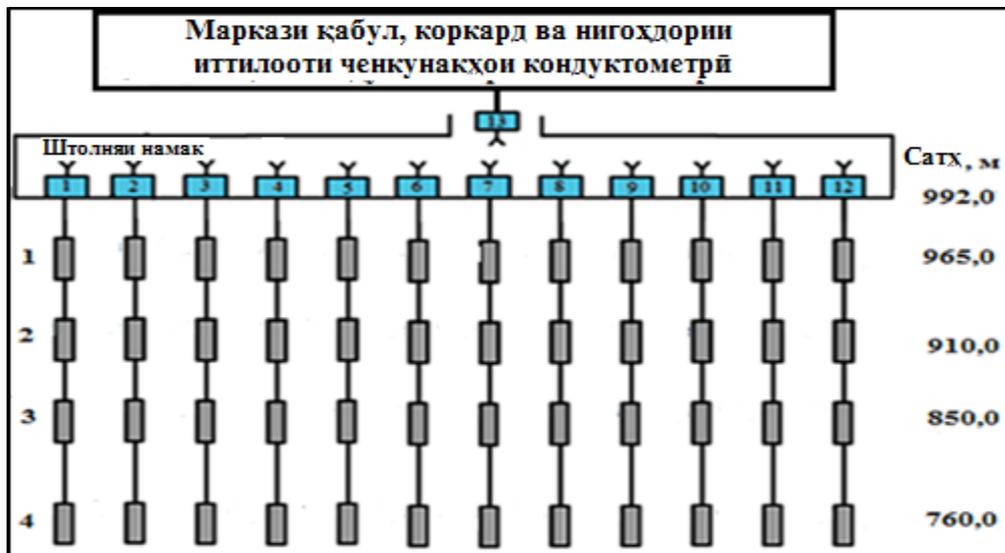
5. **Ташкили низоми тафтиши мутобиқати иттилооти воридшуда** ба талаботи аввалия ва дар мавриди зарурат аз нав дида баромадани низоми мониторинг. Ғайр аз ин, чун низоми мониторинг азхуд карда мешавад, чамъ кардан ва коркарди иттилоот бояд автоматикунонида шавад ё ба низоми иттилооти усули масофавӣ (телеметрӣ) барои чамъоварӣ, коркард ва таҳлили иттилоот гузаронида шавад. Намунаи чунин низоми мониторинг дар расми 6 нишон дода шудааст.



Расми 6. - Нақшаи принципалии архитектураи низоми мониторинги речаи геотермикӣ ва гидрогеохимикӣ

Вазифаи асосии мушоҳидаҳои саҳроӣ аз он иборат аст, ки лаҳзаи оғози аз қабати муҳофизатшаванда хориҷ кардани маҳсулоти маҳлулушуда муайян карда шавад; муқаррар кардани сарҳади минтақае, ки аз раванди маҳлулшавӣ зарар дидааст.

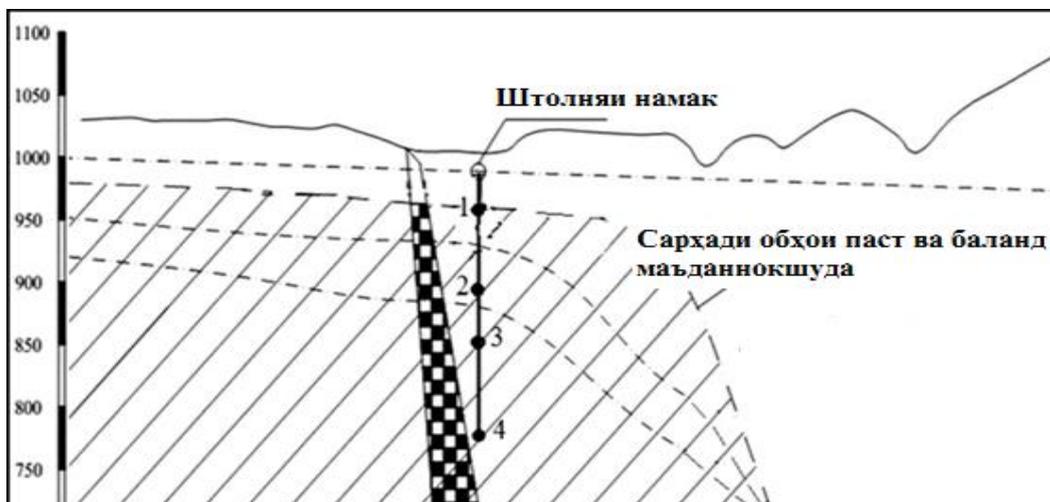
Бо назардошти хусусиятҳои муҳандисии геологӣ мавзеи НБО-и Роғун нақшаи гузоштани ченкунаҳои кондуктометрӣ аз паси қабати намак аз штолния намак пешниҳод карда шудааст (расми 7).



Расми 7. - Нақшаи ҷо ба ҷо гузори ченкунаҳои кондуктометрӣ дар паси қабати намак аз штолния намак

Лоиҳаи НБО-и Роғун 12 нишонхати нуқтаи (створ) назоратиро барои ҳама намуди мушоҳидаҳо дар тамоми дарозии қабати намаки муҳофизатшаванда (1100 м) пешбинӣ мекунад. Дар асоси ин дар нақшаи пешниҳодшуда дар 12 нишонхати нуқтаи назоратӣ ченкунаҳои кондуктометриро мутобиқ бо нуқтаҳои мушоҳидавӣ, ки лоиҳа тасдиқ кардааст, дар назар дорад.

Дар ҳар як нишоҳати назоратӣ ба чуқурӣ дар нақша ҷойгир кардани ченкунаҳои кондуктометрӣ дар чор сатҳ пешбинӣ карда шудааст: сатҳи 1-ум дар баландии 965,0 м, ки дар ин сатҳ сарғаҳи қабати намак ҷойгир аст; сатҳи 2, 3 ва 4-ум дар 910,0, 850,0 м ва 760,0 м барои муайян кардани суръат, умқи истихроҷи обҳои маъданнок ва тағйирёбии сарҳади сатҳҳои обҳои паст ва баланд маъданнокшуда буда вобаста ба фишори ҷорӣ дар ҳавзи болоӣ (расми 8) .



Расми 8. - Тағйирёбии сарҳади сатҳҳои обҳои паст ва баланд маъданнокшуда

Усулҳои асосии геофизикии назорати таъҷилии речаҳои гидрогеологӣ, гидрохимиявӣ ва геотермикӣ, ченкунии термометрӣ, муқовимат ва кондуктометрӣ мебошанд, ки низоми мониторинг дар минтақаи муҳофизати қабати намак таъмин менамояд.

Барои омӯзиши тағйироти маъданнокӣ дар минтақаи сарғаҳи қабати намак ченкунакҳои термометрӣ ва муқовимат интиҳоб карда шуданд. Таҷрибаи таҳқиқоти қаблӣ дар ин иншоот имкон дод, ки самаранокӣ ва маҳсулнокии онҳо тасдиқ шавад. Усули асосӣ дар ин маҷмуъ, усули геотермӣ бо истифодаи термисторҳо мебошад. Он дорои мазмуни баланди иттилоот ва қобилияти омӯзиши тамоми қитъаи чоҳ, аз ҷумла фосилаҳои сементшуда ва бе об дар чоҳҳои пезометрӣ мебошад.

Таҳқиқотҳои геофизикӣ дар чоҳҳои шабакаи пезометрӣ бо ёрии таҷҳизотҳои сайёр, аз ҷумла термометри чоҳҳо КТ-1 ва ченкунаки махсуси муқовимати сеэлектроди РСМ-56 гузаронида шуд.

Инчунин, таҳқиқоти термометрӣ дар чоҳҳои шабакаи пезометрӣ бо истифода аз таҷҳизоти сайёр, аз ҷумла ченкунакҳои ҳарорати чоҳии торӣ навъи ПТС-60 ва дастгоҳи ченкуни даврии рақамӣ барои гирифтани нишондодҳо аз табдилдиҳандаи навъи ТРД (табдилдиҳандаи рақамии даврӣ) гузаронида шуданд.

Кондуктометри NELT, ки муаллиф коркард намудааст, барои муайян кардани концентратсия ва ҳарорати маҳлули обии хлориди натрий NaCl пешбинӣ шудааст. Дар қадвали 2 тавсифи техникӣ ченкунаки кондуктометри NELT нишон дода шудааст. Концентратсияи он аз рӯи электрогузаронии маҳлул, ки бо усули индуксионӣ чен карда мешавад, муайян карда мешавад.

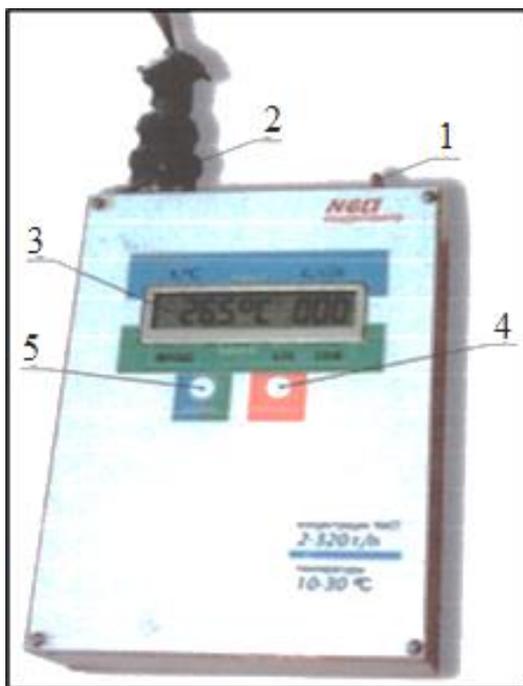
Қадвали 2. - Хусусиятҳои техникӣ кондуктометри NELT

Номи параметрҳо	Қимати параметрҳо
Худуди концентратсияи ченшаванда	2 ÷ 300 г/л
Саҳеҳии ченкунии концентратсияи NaCl	± 2 г/л
Ҳарорати маҳлули ченшаванда	10 ÷ 30 ⁰ C
Саҳеҳии ченкунии ҳарорат	± 0,5 ⁰ C
Интерфейси зонди ғутавар	Ҳалқаи чараён 1 – 100 мА
Интерфейси сабткунада (регистратора)	RS - 232
Вақти ченкунӣ	2 с
Тавоноии истеъмоли	1 Вт
Мӯҳлати миёнаи хидматрасонии зонди ғуташаванда	5 сол
Мӯҳлати миёнаи хидматрасонии сабткунак (регистратор)а	10 сол
Дарозии ноқили информатсионӣ	То 100 м
Вазни зонди ғуташаванда	850 г
Андозаи зонди ғуташаванда	301 x 34 мм
Андозаи сабткунак	140 x 100 x 30 мм
Барқанамоии дастгоҳ	Дарунсохт, 12 В

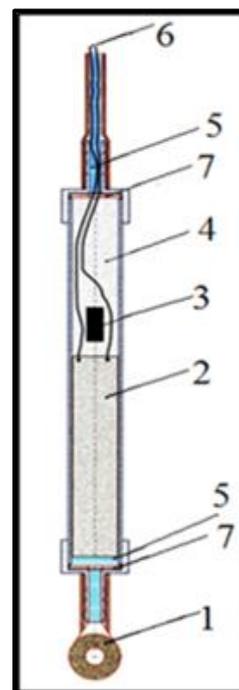
Кондуктометри NELT сенсори тороидиро истифода мебарад, ки электрод надорад ва дар речаи трансформатори чараён кор мекунад. Сабткунак (расми 9) ва зонди ғутанда (расми 10) дар асоси технологияи микропроцессорӣ (МП) сохта шудааст, ки имкон медиҳад иттилоотро (концентратсияро бо грамм дар як литр ва ҳарорати чорӣ) дар ДХД (дастгоҳи хотираи доимӣ) сабт кунад ва нигоҳ дорад.

Зонди ғутанда аз баданаи металлӣ, қисми электронӣ ва пуркунандаи герметикӣ иборат аст. Ба қисми электронӣ (расми 10) сенсори индуктивӣ (1), дастгоҳи микропроцессорӣ (2), сенсори ҳарорат (3) ва чуфти симҳои печидаи

васлқунанда (6) дохил мешаванд, ки ба суи сабтқунанда мебарад. Сенсори индуктивӣ ба тағйирёбии консентратсияи маҳлули электролитӣ воқуниш нишон медиҳад ва берун аз баданаи металлӣ ҷойгир аст. Он аз ду ҳалқаи индуктивӣ иборат аст, ки бо пурқунандаи эпоксиди пур карда шудааст.



Расми 9. - Ҷузъҳои идоракунии сабтқунанда.
1 - тугмаи фурузон/хомӯш; 2 - васлқунак барои пайваст кардани блоки ченкунӣ; 3 - дисплейи булӯри моеъ; 4 - тугма барои гузаронидани ченкунӣ; 5 - тугмаи ивазкунии ҳолати инъикоси иттилоот

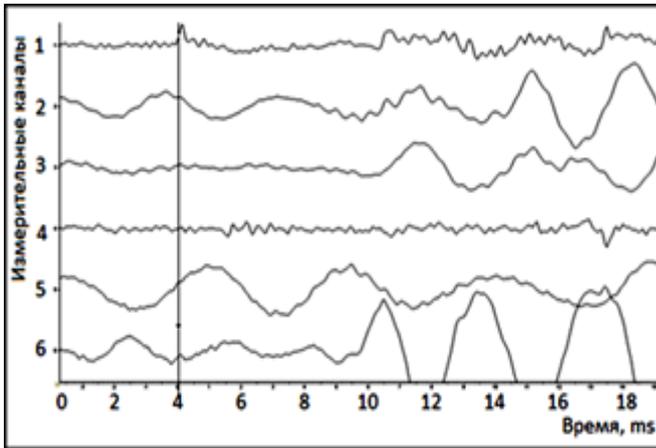


Расми 10. - Нақшаи ҷойгиршавии унсурҳои зонди ғутанда: сенсори индуктивӣ, 2-микروпроцессор, 3-нишондиҳандаи ҳарорат, 4-пурқунандаи парафинӣ, 5-пайванди эпоксидӣ, 6-ноқили бонгӣ, 7-газаки резинӣ

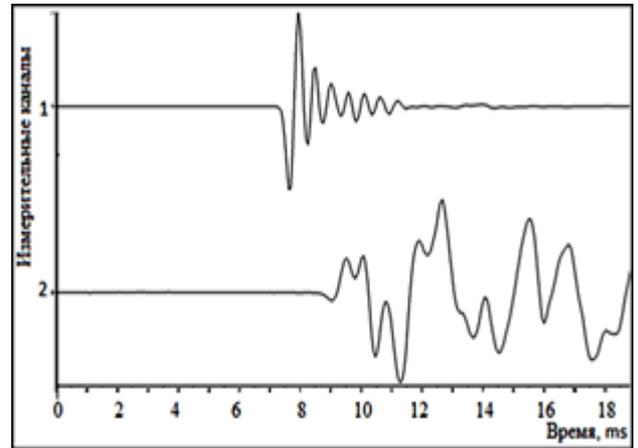
Таҳқиқотҳои сейсмоакустикӣ барои муайян кардани сифати корҳои сементатсионӣ дар корҳои зеризаминии НБО-и Роғун бо усули сейсмикии каротаҷкунии чоҳҳо гузаронда шуд. Дар натиҷаи амалиёт муқаррар карда шуд, ки усули каротаҷи сейсмикӣ бо ноқили сейсмикии (сейсмокоса) 6-канала на ҳама вақт аз ҷиҳати техникӣ сифати хуби маълумотро таъмин мекунад (расми 11). Бинобар ин, қарор дода шуд, ки қор бо зонди сейсмикии якканала (дорои асбоби тамбақунанда), ки як қабулкунаки сейсмикии он барои синхронизатсияи сабтҳои гирифташуда дар сарғаҳи чоҳ васл карда мешавад ва дигараш, ки ба штангаи саҳт пайваст карда шудааст, ки қад-қадӣ чоҳ ба 1 метр тела дода мешавад, гузаронида шавад.

Ҳамин тавр, барои ҳар як зарба сабти дуқанала ба даст оварда шуд (дар як канал ларзишҳо дар наздикии нуқтаи таъсир ва дар канали дигар умқи чоҳ ба қайд гирифта мешуданд) (расми 12).

Таҳқиқотҳои гузарондашуда зарурияти қор карда баромадани (ихтироъ кардани) асбоби тамоман нави ба девори чоҳ тамба қардани сенсори сейсмикиро муайян кард. Мақсади ихтироъ таъмин намудани боэътимоди тамбақунандаи сенсори сейсмики ба девори чоҳи диаметраш тағйирёбанда, содда қардани конструкцияи асбоби чоҳӣ, баланд бардоштани дақиқияти ченкунии параметрҳои мавҷ ва баланд бардоштани ҳассосияти сенсори сейсмики ҳангоми сабт қардан дар чоҳ мебошад (расмҳои 13 ва 14).

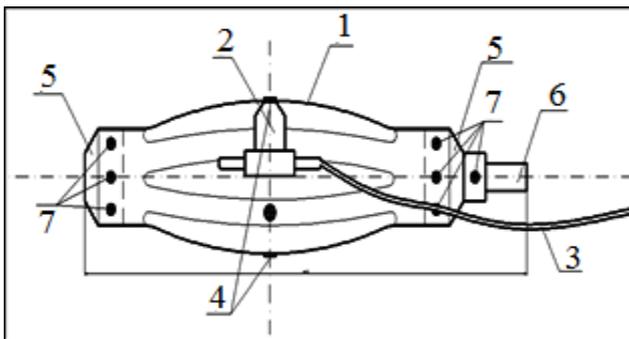


Расми 11. - Намунаҳои сейсмограммаҳо аз каротажи сейсмикӣ бо ноқили сейсмикӣ, алоқаи геофон бо ҷисми сангӣ вучуд надорад

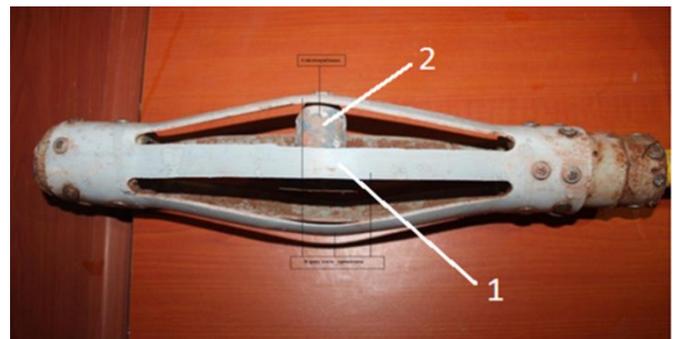


Расми 12. - Намунаҳои сейсмограммаҳо, ки ҳангоми кор бо зонди якканала ба даст оварда шудаанд

Зонди сейсмикии чоҳҳо (расми 14) бо роҳи дароз кардани штангаи 6 пай дар пай қад-қади чоҳ ҳаракат мекунад, сигнали сейсмики аз сенсори сейсмикии 2 ба воситаи ноқили электрикии 3 ба сатҳи боло (берун аз чоҳ) ба компютер (нишон дода нашудааст) дода мешавад ва маълумот дар шакли сейсмограмма дар вақти воқеӣ қайд карда мешавад. Сейсмограммаҳо ҳамчун файли алоҳида барои ҳар як нуқтаи чоҳ дар фита сабт карда мешаванд.



Расми 13. - Зонди сейсмикии чоҳ:
1-баданаи пластикӣ, 2-сенсори сейсмикӣ, 3-ноқили дуқатора, 4-болтҳо, 5-остини пластикӣ, 6-штанга, 7-винт



Расми 14. - Зонди сейсмикии чоҳ:
1 – дастгоҳи тамбақунанда, 2 – сенсори сейсмикӣ

Дар боби сеюми диссертатсия асосҳои назариявӣ ва амалии сохтани ченкунаки ҷараёни гармӣ (тепломер) барои назорати роҳҳои ҷараёни мутаммарказ дар зерасоси сарбанд нишон дода шудааст; амсилаи математикии итератсионӣ ва алгоритми ҷустуҷӯи оптималии роҳҳои ҷараёни мутаммарказ, муайян кардани самти ҷараёни гармӣ таҳия карда шудааст; натиҷаҳои таҳлили тағйироти ҳудудҳои ҳарорати замин; натиҷаҳои ҳисоб кардани дурустии ченкунии ҳарорат; раванди эҷоди ченкунаки гармӣ нишон дода шудаанд.

Оби ҷараёншуда дар зерасоси сарбанди баландфишор ба ҳоке, ки зерасоси иншоотро ташкил медиҳад, ҳам таъсири механикӣ ва ҳам химиявӣ дорад ва бо худ зарраҳои хурд ва намакхоро маҳлул карда, онҳоро ба поёни иншоот мекашонад. Дар ҳолати аввал суффозияи механикӣ ва дар дуум суффозияи химиявӣ вучуд дорад. Мавҷудияти ин падида ба он мусоидат мекунад, ки хоки асос ба об гузарандатар мешавад. Дар ин ҳолат, суръати ҷараёни зиёд шуда, ташаккули роҳҳои ҷараёни мутаммарказ ба вучуд омада, ба хориҷ кардани зарраҳои калонтар мусоидат мекунад. Бояд гуфт, ки инкишофи минбаъдаи ин ҳодиса боиси

вайрон шудани зерасос мегардад ва дар натиҷа худи иншоот ба садама дучор мегардад.

Муайян кардани роҳҳои ҷолоишӣ мутаммарказ дар марҳилаи ибтидоии пайдоиши он бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ ва масса, дар асоси омӯзиши тағйирёбии майдони гармӣ дар зерасоси сарбанд анҷом дода мешавад. Яке аз самтҳои муайян кардани фарорасии ҷолоишӣ мутаммарказ сохтани ченкунандаи махсуси ҷараёни гармӣ барои назорат кардани роҳҳои мутаммаркази ҷолоишӣ дар зерасоси сарбанд мебошад.

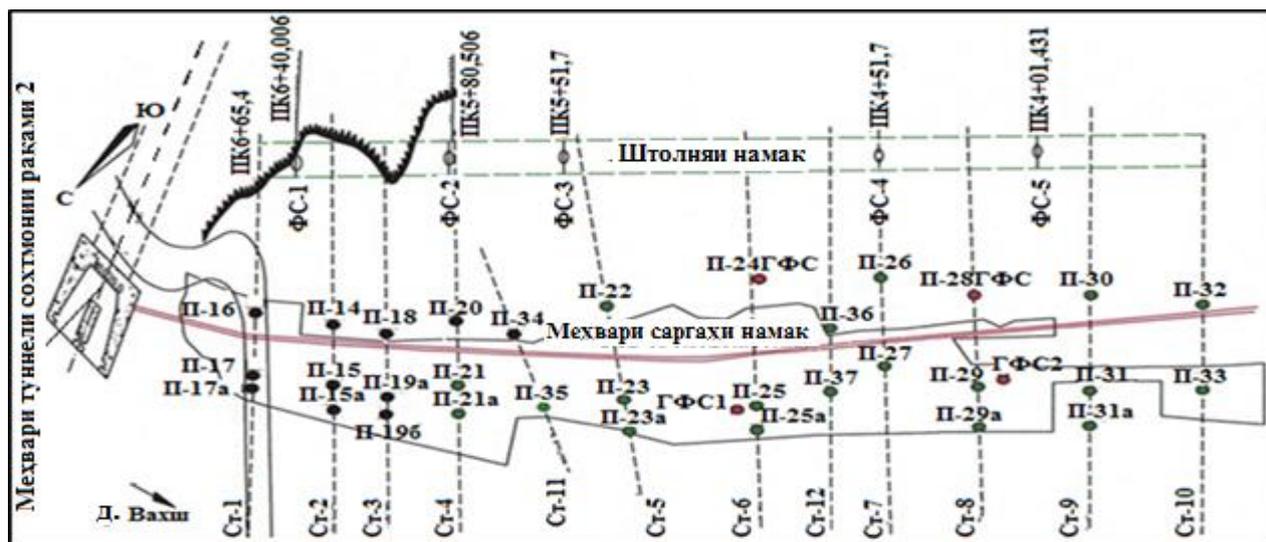
Майдони ҳарорати ҷисм ё системаи ҷисмҳо – ин маҷмӯи ғаврии қимати ҳарорат дар ҳама нуқтаҳои фазои баррасишаванда мебошад. Дар ҳолати умумӣ муодилаи майдони ҳарорат чунин шакл дорад

$$t = f(x, y, z, \tau), \quad (1)$$

дар ин ҷо t – ҳарорат; x, y, z , - координатаҳо; τ - вақт.

Бояд зикр намуд, ки объекти таҳқиқот майдонҳои табиӣ гармӣ, инчунин майдонҳои мебошанд, ки аз манбаҳои гуногуни сунъӣ ба вуҷуд омадаанд (масалан, майдонҳои гармие, ки дар натиҷаи ҷолоишӣ об аз обанбор ба вуҷуд меоянд).

Дар мавзеи пардаи намакдори зерасоси сарбанди НБО-и Роғун солҳои 1990-91 дар 12 нишонахати (створ) назоратӣ 10 даври мушоҳидаҳои речаи геотермикӣ гузаронида шуд. Шумораи умумии пезометрҳои, ки ба таҳқиқот ҷалб карда шудаанд, 28 адад аст. Нақшаи ҷойгиршавии нишонахати назорати ва пезометрҳо дар расми 15 нишон дода шудааст.



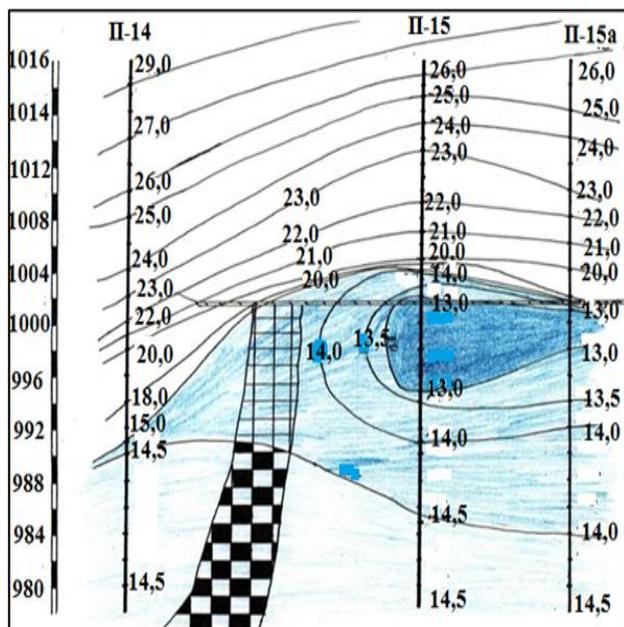
Расми 15. - Нақшаи ҷойгиршавии ҷоҳҳои пезометрӣ дар соҳили чапи қабати намаки дарёи Вахш

Таҳқиқотҳои геотермикии ҷоҳҳои шабакаи пезометрӣ бо ёрии термометри сайёри ҷоҳҳо КТ-1 гузаронида шудааст. Хусусияти фарқкунандаи ин термометр дар ҳудуди васеи ченшавандаи ҳарорат мебошад.

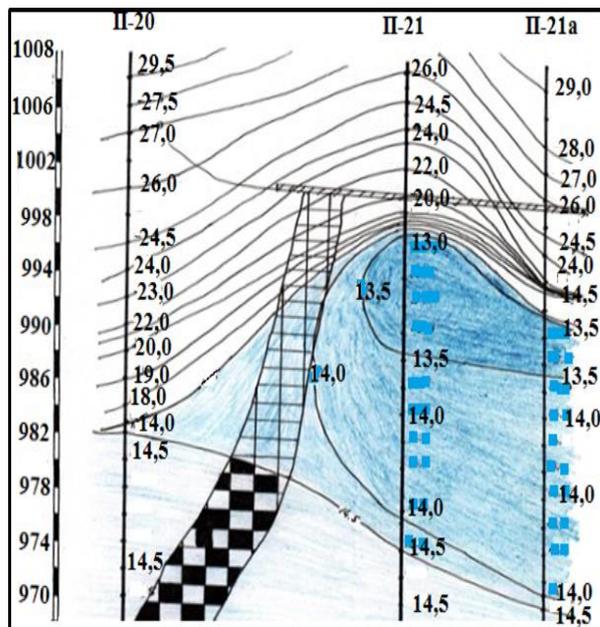
Дар асоси таҳлили сатҳи изотермии мавзеи буриши геотермикӣ дар нишонахати назоратии (створ) №2 (расми 16) муқаррар карда шуд, ки ҷараёни гармӣ ба тарафи дарёи Вахш нигаронида шудааст.

Таҳлили сатҳи изотермии мавзеи буриши геотермикӣ дар нишонахати назоратии (створ) №4 (расми 17) низ имкон дод, ки чунин вазъияте, ки ба мавқеи №2 низ хос аст, муайян намоем.

Ба назари мо, вазъияти муайяншуда бо мавҷудияти маҷрои оби зеризаминии қад-қадӣ намак, ки ба сӯи дарёи Вахш равон мешавад вобаста аст, ё ин ки бо хосияти гармибарандагии ҷараёни обу ҳаво дарёи Вахш алоқаманд аст.



Расми 16. - Буриши геотермикии нишонхати нуқтаи (створ) назоратии № 2



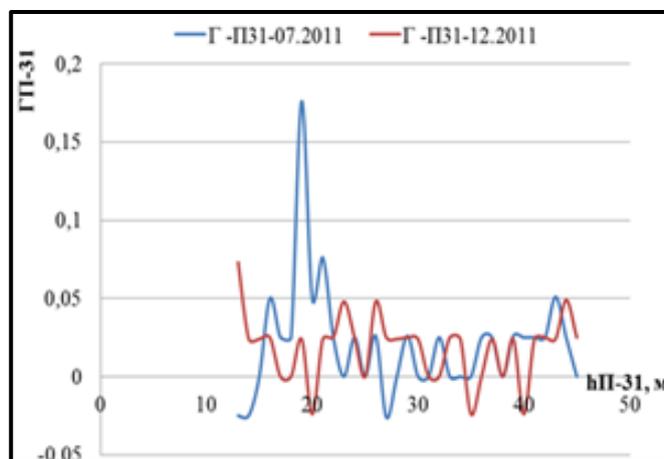
Расми 17. - Буриши геотермикии нишонхати нуқтаи (створ) назоратии № 4

Бо мақсади муайян кардани раванди интиқоли гармӣ ва масса дар асоси маълумотҳои таҳқиқотҳои термометрӣ дар чоҳҳои пезометрии П-30, П-31, П-31^a, П-32, П-33, П-35, П-36, П-7, П-21, П-23, П-23, П-27, П-29 ва Р-29^a, тағйирёбии градиенти ҳарорат дар фосилаи обдошта аз рӯи формулаи (2) дар асоси дарозии L дар давоми давраи солони 2011 тадқиқ карда шуд.

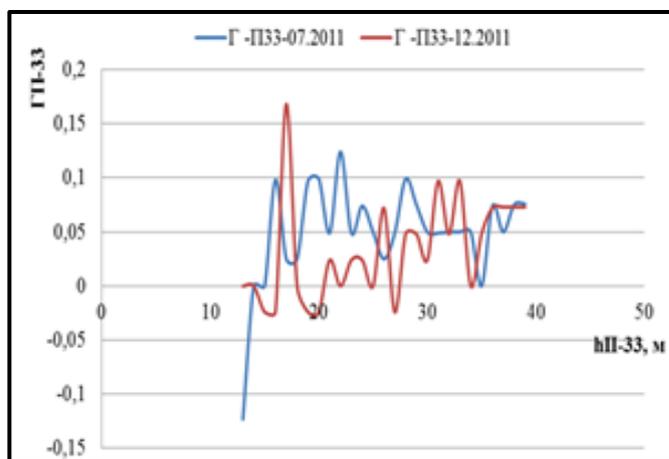
$$\frac{\partial T}{\partial t} \approx \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1} = \Gamma \quad (2)$$

дар ин ҷо, Γ – градиенти ҳарорат ё ин ки тағйирёбии ҳарорати T_2 ва T_1 дар чуқурии z_2 ва z_1 (тири z ба сатҳи муқаррарӣ ба поён нигаронида шудааст).

Барои муфассал омӯختани тағйир ёфтани градиенти ҳарорат дар фосилаи обдоштаи чоҳҳои пезометрӣ пезометрҳои П-31 ва П-33 интиҳоб карда шуданд. Графики тағйирёбии градиенти ҳарорат дар фосилаи обдоштаи чоҳҳои пезометрии П-31 ва П-33 бо қадами 1 метр, дар давраи обхезӣ (август соли 2011) ва дар давраи камобӣ (декабри соли 2011) дар расмҳои 18 ва 19 нишон дода шудааст.



Расми 18. - Графики тағйирёбии градиенти ҳарорат дар қисми обдоштаи чоҳи пезометрии П-31



Расми 19. - Графики тағйирёбии градиенти ҳарорат дар қисми обдоштаи чоҳи пезометрии П-33

Ҳамин тавр, муқаррар карда шуд, ки сабабҳои тағйир ёфтани градиенти ҳарорат инҳо мебошанд: ҳамҷоягии асинхронии иттилоот қад-қади танаи чоҳҳои пезометрӣ (аз пезометр то пезометр бо гузашти вақт); хусусияти ҷинсҳои кӯҳи, ки бо хусусиятҳои тарқишӣ ва ҷинсҳои кӯҳи алоқаманд аст; речаи гидравлиқӣ; ҷараёни обу ҳавои дарёи Вахш.

Тақсироти ҳарорати T дар чоҳҳои пезометрӣ (расмҳои 16 ва 17) ҳамчун функсияи $f(T)$ як минимум дорад ва унимодалӣ мебошад. Қимати минималии ҳарорат ҳамчун ҳарорати гармибаранда (об) муайян карда мешавад.

Бо истифода аз гуфтаҳои боло, барои муайян кардани градиенти ҳарорат аз рӯи формулаи 2, мо навъи амсилаи математики итеративиро барои ҷустуҷӯи нуқтаи минималии функсия дар асоси усули умумии ҷустуҷӯи оптимизатсионӣ, дар шакли зерин муайян мекунем.

$$\Gamma_i = \frac{T_{i+1} - T_i}{h_{i+1} - h_i} \quad (3)$$

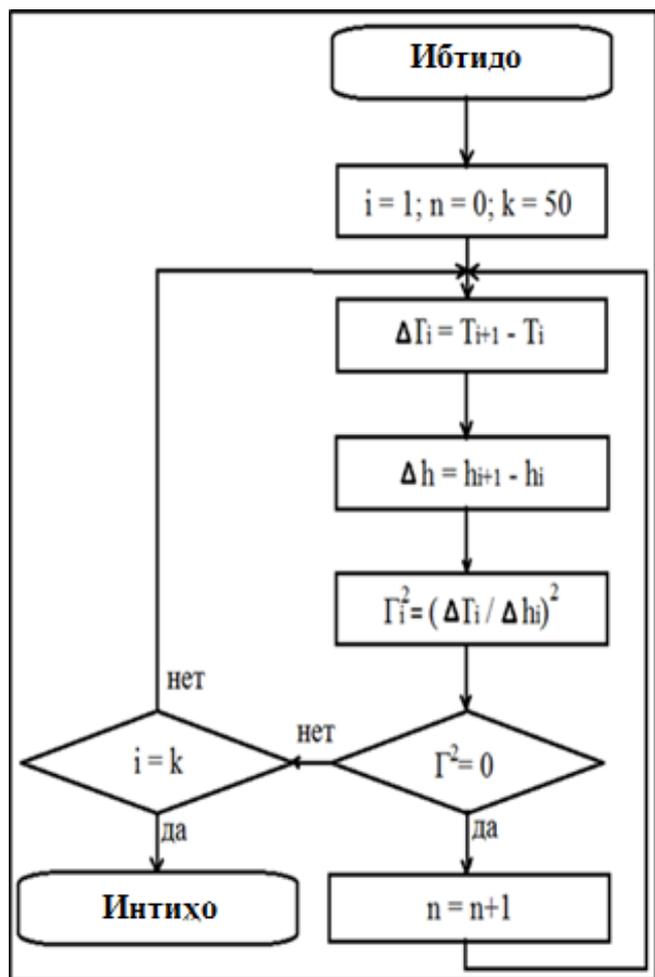
дар ин ҷо, Γ – градиенти ҳарорат ё ин ки тағйирёбии ҳарорати T_2 ва T_1 дар ҷуқурии h_2 ва h_1 (тири h ба сатҳи муқаррарӣ ба поён нигаронида шудааст).

Азбаски функсияи Γ аз функсияи $f(T)$ вобаста ба таъсири беруна фарқ мекунад, вай метавонад функсияи характери дараҷадорро қабул кунад, пас Γ_i –ро ба квадрат мебардорам.

$$(\Gamma_i)^2 \rightarrow 0 \quad (4)$$

он вақт функсияи $(\Gamma_i)^2$ унимодали мешавад, ки қимати минималиаш ба сифр майл мекунад.

Ҳамин тариқ, натиҷаи ҳолис ин аст, ки дар асоси формулаҳои 3 ва 4 алгоритми кори амсила тартиб дода мешавад (расми 20).



Расми 20. - Алгоритми ҷустуҷӯи оптималии минимуми функсия

Дар асоси амсилаи математикӣ итератсионӣ ва бо назардошти ҳудуди муайяншудаи ҷенкунии ҳарорат дар қисми обдоштаи чоҳҳои пезометрӣ ва баланд бардоштани дақиқии ҷенкунаки гармии дуқанала тавсия дода мешавад, ки ҳудуди ҷенкунӣ аз 8°C то 25°C маҳдуд карда шавад. Ҳисоб кардани дараҷаи дақиқӣ ва андозаи ҷенкунии ҷенкунаки гармӣ (тепломер) дар ҷадвали 3 оварда шудааст. Ҳисобҳои нишон медиҳанд, ки ҳангоми гирифтани андозаи ҷенкуни ба 20 см, дақиқии ҳисобкунаки гармӣ $1/1000$ мебошад, ки баландии зонди ҷенкунаки баробар ба 20 см гирифта шавад. Баландии тавсияшаванда имкон медиҳад, ки зондҳои ҷенкунаки гармӣ дар чоҳҳои пезометрӣ озодона ғарқ карда шаванд ва аз қавриҳои имконпазирӣ онҳо гузаранд, зеро парма кардани ҷоҳи қомилан рост на ҳама вақт имконпазир аст.

Барои аниқ кардани диаметри зонд мо хусусиятҳои конструктивии шабакаи мушоҳидаҳои пезометрӣ, ки дар минтақаи соҳили чапи қабати намак дар зерасоси сарбанди НБО-и Роғун сохта шудааст, омӯхтем. Муқаррар карда шуд, ки тамоми шабакаи пезометрӣ аз қубури пулодии қутраш 72 мм иборат аст.

Чадвали 3. - Ҳисоби дараҷаи сахехӣ ва андозаи ченкунаки гармӣ

$\Delta H, \text{ м}$	$\Delta T_{\text{min}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T_{\text{max}}, \text{ }^\circ\text{C}$
1 км	5	148
100 м	0,5	15
10 м	0,05	1,5
1 м	0,005	0,15
0,5 м	0,0025	0,075
0,2 м	0,001	0,03

Бо мақсади аз чоҳҳои пезометрӣ озод гузаштани зонд ва имкониятҳои микроэлектроникаи ҳозира кутри зондҳои ғутандаро ба 20 мм баробар мегирем. Бо назардошти муайян кардани ҳудуди тағйирёбии ҳарорат дар фосилаи обдоштаи чоҳҳои пезометрӣ ва ҳисобҳои гузаронидашуда барои муайян кардани сахехӣ ва хусусиятҳои конструктивии ченкунаки гармии дуканала талабот ба ченкунаки гармӣ тартиб дода шуд, ки параметрҳои он дар чадвали 4 оварда шудаанд.

Чадвали 4. - Талабот ба хусусиятҳои техникий ченкунаки гармии дуканала

№ зербанд	Номгуи параметрҳо	Қимати параметрҳо
1	Ҳудуди ченкунии ҳарорат	8-25 °C
2	Андоза, масофаи байни сенсорҳои ҳарорат	20 мм
3	Сахехият	0,001 °C
4	Кутри зонди ғуташаванда	20 мм
5	Баландии зонди ғуташаванда	240 мм

Асбоби геотермометр-гармисанҷ, ки муаллиф коркард намудааст, барои бо сахехияти баланд чен кардани ҳарорат ва ҷараёни гармӣ дар чоҳҳои муҳандисию геологии «хушк» ё обдошта истифода бурда мешавад. Дастгоҳ тавсияшаванда имкон медиҳад, ки танҳо як зонди дуканалро истифода баред, ки он ҳосилнокии термометрии чоҳҳои «хушк»-ро ба таври назаррас баланд мебардорад, сахехии сабти ҳароратро зиёд мекунад, ҳароратро дар ҳама нуқтаи ҷолиб чен мекунад, барои сканкунии арзи чоҳҳо шароити заруриро фароҳам меорад, ё ин ки равандҳои поилоиши обҳои зеризаминиро дар ягон чуқурии интиҳобшуда мушоҳида мекунад. Дар баробари ин, тарҳ инчунин як доимии вақти ками сенсорҳои ҳароратро дар якҷоягӣ бо бехатарии механикӣ таъмин мекунад. Дар айни замон, хассосияти дифференсиалии дастгоҳ имкон медиҳад, ки фарқияти ҳароратро (градиент) дар муҳити обӣ дар сатҳи 0,00010 °C/см бо боварӣ муайян намоем.

Тавсифи асосии техникий термометр-гармисанҷ дар чадвали 5 оварда шудаанд.

Маҷмуаи термометр-гармисанҷ. Ҳароратсанҷ аз қисмҳои зерин иборат аст (расми 21): 1 – зонди ғутанда, 2 - ноқили бонгӣ (сигнал), 3 - ғалтак барои печонидани ноқил, 4 - лифофа барои нигоҳ доштани зонди ғутанда дар якҷоягӣ бо ғалтак, 5 – интиқолдиҳандаи бонги радиой аз зонди ғутанда, ки дар даруни ғалтак ҷойгир шудааст, 6 - сабткунанда, 7 - қабулкунандаи бонги радиой аз зонди ғутанда.

Ҷадвали 5. - Тавсифи асосии техникии термометр-гармисанҷ

№ зербанд	Номгӯи параметрҳо	Қимати параметрҳо
1	Худуди ченшавандаи ҳарорат	8-25 °C
2	Шумораи каналҳои ченкунӣ	2
3	Андоза, масофаи байни сенсорҳои ҳарорат	180 мм
4	Саҳеҳияти пасттарин	0,010 °C
5	Қобилияти иҷозатдиҳанда	0,0010 °C
6	Устувории дарозмуддат	0,0050 °C/ сол
7	Вақти доимии асбоб бо филтр/бе филтр	1 сония / 0,1 сония
8	Давраи навсозии маълумот	0,1 сония
9	Масофаи амали интерфейси бесим	50-100 м
10	Дарозии ноқили ғутанда	60 м
11	Қутри зонди ғутанда	20 мм
12	Вазни зонди ғутанда	920 г
13	Андозаи зонди ғутанда	240x20x20 мм
14	Шиддати таъмини батарея	3-5 В
15	Мухлати хизматрасонии батареяи дохилӣ	1-3 сол
16	Муҳофизати намӣ ва ҷангии ченкунак	IP57

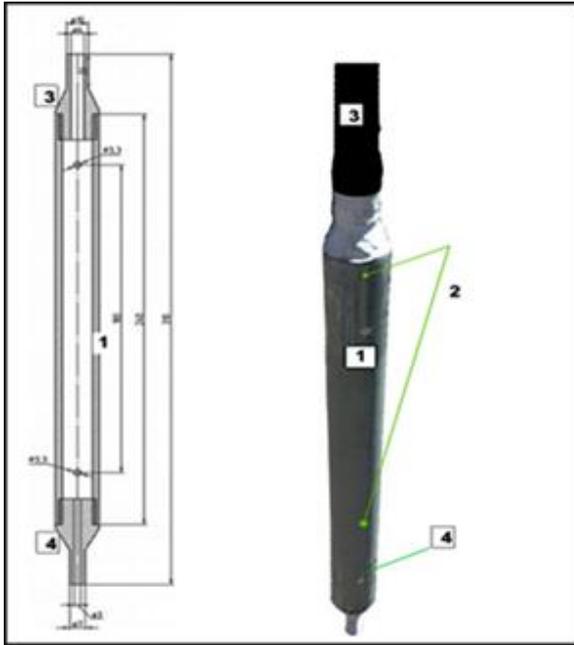


Расми 21. - Маҷмӯаи геотермометр - гармисанҷ

Принсипи кор. Зонди ғутанда бо ноқил дар муҳити таҳқиқшаванда ба чуқурии зарурӣ ғута карда мешавад. Маълумот дар бораи ҳарорат ба сабткунанда ҳамзамон аз ду сенсори ҳарорате, ки дар зонди ғутанда ҷойгир аст, дода мешавад. Аз зонди ғутанда ба ноқили сигналӣ ба интиқоли радионӣ ва баъд ба воситаи канали радио ба қабулкунаки радионӣ, ки ба сабткунак пайваست шудааст, мерасанд.

Конструксияи зонди ғутанда. Зонди ғутанда (расми 22) аз порчаи кубури пластикии тобовар 1 иборат аст, ки аз ҳар ду канори он бо пукҳои (заглушка) пӯлодии 3 ва 4 маҳкам карда шудааст. Пуки пӯлодии 3 барои ноқил сӯроҳ дорад, пуки 4 маҳкам баста аст. Ду сенсори ҳарорат дар қисмати кубури пластикӣ 2 ҷойгир карда шудааст. Ҳарду сенсорҳо бо мақсади гидроизолятсия бо қатрони эпоксидӣ пур шудааст. Қисми электроники зонди ғутанда дар дохили ғалтаки ноқилӣ ҷойгир аст (расми 21).

Дар раванди калибровкаи сенсорҳои ҳарорат ба таври таҷрибавӣ барои ҳар як худуди ҳарорат муодилаи он муайян карда мешавад. Сарҳадҳои худуди ҳарорат аз руи дараҷаи зарурии саҳеҳият муайян карда мешаванд, ки худуд ҳар қадар тангтар бошад, саҳеҳият ҳамон қадар баланд мешавад.



Расми 22. - Зонди ғутанда: 1-порчаи кубури пластикӣ, 2-сенсорҳои ҳарорати, 3,4-пуки пӯлодӣ

метрологии ченкунии бевоситаи он; натиҷаҳои таҳлил ва арзёбии тағйироти ҳудудии дараҷаи маъданнокии обҳои зеризаминӣ; усулҳо ва технологияи таҳлил ва сохтани кондуктометр бахшида шудаанд.

Бехатарии истифодабарии сарбандҳои баландфишор дар чинҳои маҳлулшаванда бештар ба интиҳоби оқилонаи тадбирҳои ҳифзи чинҳо аз маҳлулшавӣ, пардаҳои зичиаш баланди зиддиполоишӣ ва назорати кори онҳо, инчунин ташкили мушоҳидаҳои равандҳои физикию химиявӣ дар зерасоси сарбанд вобаста мебошад.

Мушоҳидаи инкишофи равандҳои физикию химиявӣ дар зерасоси сарбанд тавассути таҳлили химиявии озмоишӣ усули меҳнатталаб ва серхарҷ буда, таҳлили химиявии намунаҳое, ки аз зерасоси сарбанд гирифта шудаанд, меҳнатталаб ва вақтталаб аст. Шароити зудтағйирёбандаи гидрогеохимиявии зерасоси сарбандро дар вақти воқеӣ бо истифода аз таҳлили химиявии озмоишӣ арзёбӣ кардан ғайриимкон аст, яъне натиҷаҳои ба даст овардашуда дар давраи таҳлили намунаҳо аҳамияти ҳудро гум мекунанд. Яке аз роҳҳои ҳалли ин масъала истифодаи усули ченкунии кондуктометрӣ мебошад.

Таҳлил ва арзёбии натиҷаҳои таҳқиқоти ХЭФ (хосиятҳои электрикию физикии) маҳлули намаки ошӣ, ки қаблан муаллиф гузаронида ва ба чунин ҳулоса омада буд, ки ҳангоми чен кардани қиматҳои ЭХ (электрогузаронии хос) истифода бурдани кондуктометри трансформаторӣ самараноктар аст (расми 23).

Принсипи кори кондуктометри трансформаториро (дутрансформатора) дида мебароем. Трансформатори ибтидоии Tr_1 трансформатори таъминкунанда мебошад, ки майдони магнитиро ба муҳити таҳлилшаванда индуксия карда, дар он ҚЭХ (қувваи электроҳаракатдиҳанда)-ро ба вучуд меорад, ҳамзамон трансформатори дуюмдараҷа Tr_2 бошад, трансформатори ченкунанда мебошад, ки ғалтаки таъминкунандаи он маҳлул бо моеъи таҳлилшаванда мебошад. Ҳангоми тағйир ёфтани ҚЭХ-и маҳлул, дар мисоли мо консентратсияи намаки ош, ҚЭХ-и ғалтаки дуюмдараҷа тағйир меёбад, ки ҳамчун ченаки консентратсия хизмат мекунанд. Дар расми 23, $L_{1,2}$ - мутақобилаи индуктиви байни ғалтаки ибтидоии

Мисоли муодилаҳои ҳарорат.

$y1_{00}=0x^3+0x^2-17x+25,91$ - муодилаи 1(8-12С)

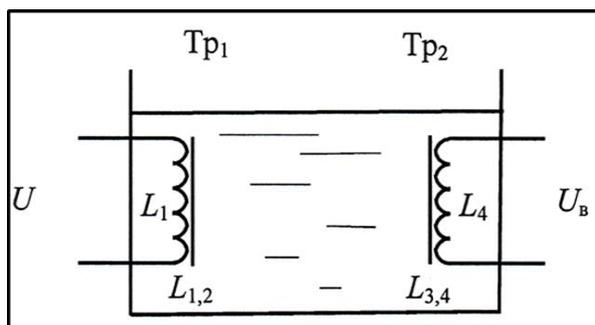
$y1_{01}=0x^3+0x^2-17x+25,91$ -муодилаи 2(12-20С)

$y1_{02}=0x^3+0x^2-17x+25,91$ -муодилаи 3(20-25С)

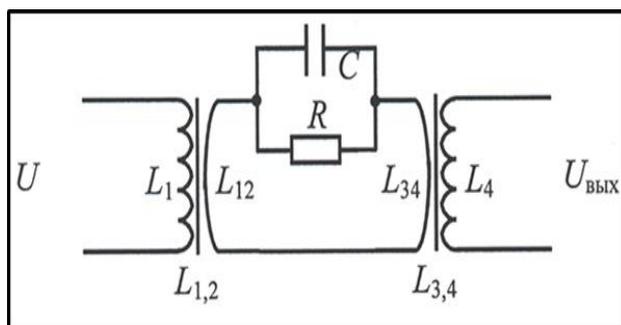
Дар ҳолати умумӣ, муодила бо полиномии кубӣ тавсиф карда мешавад ва мумкин аст коэффитсиентҳо барои x^3 ва x^2 ворид карда шаванд. Барои ҳудудҳои танг вобастагӣ хаттӣ аст, бинобар ин коэффитсиентҳо барои x^3 ва x^2 сифр мебошанд. Хаттии муодилаҳо калибрченкунӣ ва санчишро осон мекунанд.

Дар **боби чоруми диссертатсия** асосҳои назариявӣ ва амалии сохтани асбобҳои ченкунӣ барои назорати речаи гидрогеохимиявии зерасоси сарбанд таҳлил карда шудааст. Фаслҳои алоҳида ба баррасии тартиб додани амалии математикии кондуктометри трансформаторӣ ва тавсифномаҳои

трансформатор ва маҳлул, $L_{3,4}$ - мутақобилаи индуктивии байни маҳлул ва ғалтаки дуумдараҷаи трансформатор мебошад. Дар расми 24 нақшаи электрикии кондуктометри трансформаторӣ нишон дода шудааст.



Расми 23. - Кондуктометри трансформаторӣ



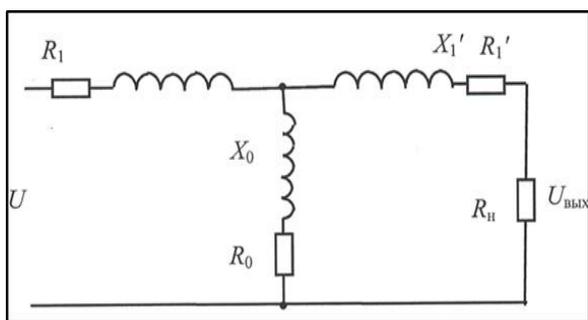
Расми 24. - Нақшаи электрикии кондуктометри трансформаторӣ

Кондуктометрҳои дутрансформаторӣ усулҳои зерини ченкуниро амалӣ мекунанд: арзёбии мустақим, чуброн ва муқоисавӣ.

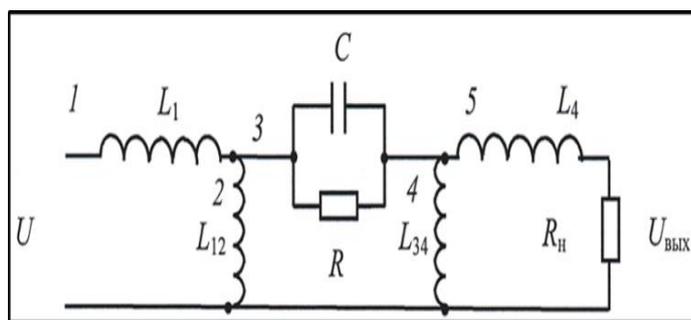
Дар электротехника ҳангоми таҳлили қори трансформатор истифода бурдани нақшаи эквивалентии Т-шакл қабул шудааст (расми 25). Параметрҳои ин нақша инҳоянд: R_1 , X_1 – муқовимати ғаллак ва реактивии ғалтаки ибтидоии трансформатор; R_1' , X_1' – муқовимати ғаллак ва реактивии ғалтаки дууми трансформатор; R_0 – муқовимати талафот дар занҷири магнитӣ; X_0 – муқовимати реактивии маводи дилак; Z_n - муқовимат ба сарборӣ.

Ду речаи қори трансформатор вучуд дорад: бесарборӣ ва расиши кӯтоҳ.

Дар ҳолати аввал ғалтаки дуумдараҷа кушода буда, ҷараён дар он ба сифр баробар буда, андоза ва шакли ҷараёни бесарборӣ аз рӯи ҷараёни магнитии трансформатор ва хосиятҳои системаи магнитии он (талафоти магнитӣ) муайян карда мешавад. Дар речаи ҷараёни бесарборӣ ғалтаки дуумдараҷа баста шуда, шиддат дар он ба сифр баробар аст ва миқдори талафот аз рӯи талафот дар ғалтакҳои трансформатор муайян карда мешавад. Дар ин сурат нақшаи эквивалентиро дар расми 25 дар шакли зерин тасвир кардан мумкин аст (дар ин ҷо муқовиматҳои R_0 , R_1 ва R_2 -ро сарфи назар мекунем), ки дар он пайвасти мутававзӣ C ва R ХЭФ-и маҳлули намаки оширо тақлид мекунанд (расми 26).



Расми 25. - Нақшаи эквивалентии Т-шакли трансформатор



Расми 26. - Нақшаи эквивалентии кондуктометри трансформаторӣ

Барои коркарди амсилаи математикии кондуктометр муодилаеро таҳия намудан зарур аст, ки параметрҳои баромади кондуктометрро (шиддати U ё ҷараёни I) бо ЭХ-и маҳлул пайваस्त мекунанд.

Шиддати баромади занҷир дар расми 26 U_b ба (U – шиддати таъминот) баробар аст:

$$U_B = U \frac{L_{12}(R_H^2 + \omega^2 L_4^2)}{L_1} \left[\frac{1}{\omega^2 [RL_4 + R_H(L_{12} + L_{34})]^2 + [RR_H - \omega^2 L_4(L_{12} + L_{34})]^2} R^2 - j \frac{\omega L_{12}}{\omega^2 [RL_4 - R_H(L_{12} + L_{34})]^2 + [RR_H - \omega^2 L_4(L_{12} + L_{34})]^2} R \right]. \quad (5)$$

Ҳолати кори бесарбории трансформаторро дида мебароем, ки $R_H \rightarrow \infty$, пас $U_{B_{xx}}$ баробар аст ба

$$U_{B_{xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left[\frac{1}{\omega^2 (L_{12} + L_{34})^2 + R^2} R^2 - j \frac{\omega L_{12}}{\omega^2 (L_{12} + L_{34})^2 + R^2} R \right]. \quad (6)$$

Одатан $R \gg \omega(L_{12} + L_{34})$, бинобрин

$$U_{B_{xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j\omega L_{12} \frac{1}{R} \right) = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j \frac{\omega L_{12}}{A} \chi \right), \quad (7)$$

яъне, дар ҳолати бесарборӣ чузъи воқеии шиддати баромад аз ЭХ вобаста нест, аммо чузъи ҳаёлӣ ба таносуби мустақим вобаста аст.

Ҳолати расиши кӯтоҳи трансформаторро дида мебароем, вақте ки $R_H \rightarrow 0$ аст, он гоҳ $U_{B_{кз}}$ ба (6) ва (7) баробар аст, яъне дар речаи расиши кӯтоҳ чузъи ҳақиқии шиддати баромад аз ЭХ вобаста нест, балки чузъи ҳаёлӣ, зиёда аз он, ба таносуби мустақим вобаста аст.

Ҳолати мобайниро дида мебароем, ки $R \approx R_H$ бошад, пас бо $RL_4 \gg \gg R_H(L_{12} + L_{34})$ ва $RR_H \gg \omega^2(L_{12} + L_{34})$ боз муодилаи (7) –ро ҳосил мекунем.

Қараёни баромади занҷир дар расми 26 I_B баробар аст:

$$I_B = U \frac{L_{12}(R_H^2 + \omega^2 L_4^2)}{L_1} \cdot \left\{ \frac{R^2 R_H - \omega^2 RL_{12}L_4 + \omega^2 R_H L_{34}(L_{12} + L_{34})}{[2\omega RR_H L_4 - \omega(L_{12} + L_{34})(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)]^2 + [R(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_H L_4(L_{12} + L_{34})]^2} - j \frac{\omega R^2 L_4 + \omega RL_{12}L_4 + \omega RR_H L_{12} + \omega^3 L_{34}L_4(L_{12} + L_{34})}{[2\omega RR_H L_4 - \omega(L_{12} + L_{34})(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)]^2 + [R(R_H^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_H L_4(L_{12} + L_{34})]^2} \right\}. \quad (8)$$

Ҳолати кори бесарбории трансформаторро баррасӣ мекунем, вақте, ки $R_H \rightarrow \infty$, он гоҳ $I_{B_{xx}}$ баробар аст ба:

$$I_{B_{xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(\frac{R^2 + \omega^2 L_{34}(L_{12} + L_{34})}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} - j \frac{\omega RL_{12}}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} \right). \quad (9)$$

Одатан $R \gg \omega(L_{12} + L_{34})$ и $R^2 \gg \omega^2 L_{34}(L_{12} + L_{34})$, аз ин рӯ,

$$I_{B_{xx}} = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j\omega L_{12} \frac{1}{R} \right) = U \frac{L_{12}}{L_1} \left(1 - j \frac{\omega L_{12}}{A} \chi \right), \quad (10)$$

яъне, дар ҳолати бесарборӣ чузъи воқеии қараёни баромад аз ЭХ вобаста нест, аммо чузъи ҳаёлӣ, илова бар ин, ба таносуби мустақим вобаста аст.

Ҳолати расиши кӯтоҳи трансформаторро баррасӣ мекунем, вақте, ки $R_H \rightarrow 0$ аст, он гоҳ $I_{B_{кз}}$ баробар аст ба:

$$I_{\text{вкз}} = U \frac{L_{12}}{\omega L_1 L_4} \left(-\frac{\omega L_{12}}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} R - j \frac{R^2 + \omega^2 R L_{34} (L_{12} + L_{34})}{R^2 + \omega^2 (L_{12} + L_{34})^2} \right). \quad (11)$$

Одатан $R \gg \omega(L_{12} + L_{34})$ и $R^2 \gg \omega^2 L_{34}(L_{12} + L_{34})$, дар натиҷа ҳосил мекунем

$$I_{\text{вкз}} = U \frac{L_{12}}{\omega L_1 L_4} \left(-\omega L_{12} \frac{1}{R} - j \right) = U \frac{L_{12}}{\omega L_1 L_4} \left(-\frac{\omega L_{12}}{A} \chi - j \right). \quad (12)$$

яъне, дар ҳолати сарборӣ чузъи воқеии ҷараёни баромад аз ЭХ вобаста аст, аммо чузъи хаёлӣ, илова бар ин, ба таносуби мустақим вобаста нест.

Ҳолати мобайниро дида мебароем, ки $R \approx R_n$ бошад, пас бо назардошти хурдии истилоҳҳои $\omega^2 R_n L_{34}(L_{12} + L_{34})$ ва $\omega^3 L_{34} L_4 (L_{12} + L_{34})$, муодилаи (9) шакли зеринро мегирад:

$$I_{\text{в}} \approx U \frac{L_{12}(R_n^2 + \omega^2 L_4^2)}{L_1} \cdot \left\{ \frac{R^2 R_n - \omega^2 R L_{12} L_4}{\left[2\omega R R_n L_4 - \omega(L_{12} + L_{34})(R_n^2 - \omega^2 L_4^2) \right]^2 + \left[R(R_n^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_n L_4 (L_{12} + L_{34}) \right]^2} - \right. \\ \left. - j \frac{\omega R^2 L_4 + \omega R L_{12} L_4 + \omega R R_n L_{12}}{\left[2\omega R R_n L_4 - \omega(L_{12} + L_{34})(R_n^2 - \omega^2 L_4^2) \right]^2 + \left[R(R_n^2 - \omega^2 L_4^2)^2 - 2\omega^2 R_n L_4 (L_{12} + L_{34}) \right]^2} \right\}. \quad (13)$$

Ин муодиларо дар шакли умумӣ содда кардан мумкин нест, зеро ҳамаи шартҳои он тақрибан баробар вазн доранд ва саҳми онҳо ба натиҷаи ниҳой аз арзишҳои мушаххаси ҳамаи параметрҳои ба ин муодила дохилшуда вобаста аст.

Дар натиҷаи амсиласозии математикии кондуктометри трансформаторӣ ченкунии мустақим:

- амсилаи математикии вобастагии шиддати баромади трансформатор аз муқовимат (ЭХ) таҳия шудааст, ки вобастагии реҷаи бесарборӣ ва расиши кӯтохро аз қисми хаёлии муқовимати комплексӣ аз ЭХ-и маҳлӯл дар дараҷаи яқум нишон додааст;

- амсилаи математикии вобастагии ҷараёни баромади трансформатор аз муқовимат (ЭХ) таҳия шудааст, ки вобастагии ҳолати бесарборӣ аз қисми хаёлӣ ва дар ҳолати реҷаи расиши кӯтоҳ - аз қисми воқеии муқовимати комплексӣ аз ЭХ дараҷаи яқум нишон дода шудааст.

Таҳқиқот барои муайян кардани ҳадди тағйирёбии дараҷаи маъданнокӣ дар чоҳҳои пезометрӣ барои кондуктометри трансформатории таҳияшаванда тавсия дода мешавад, ки дар доираи аз 0,2 г/л то 300 г/л маҳлӯл карда шавад.

Дар чадвали 6 талабот ба кондуктометри коркардшуда нишон дода шудааст, ки параметрҳои онҳо бо назардошти муайян намудани доираи тағйироти дараҷаи маъданнокии обҳои зеризаминӣ дар чоҳҳои пезометрӣ ва хусусиятҳои конструктиви кондуктометр ташаккул ёфтаанд.

Чадвали 6. - Талабот ба характеристикаҳои техникии кондуктометр

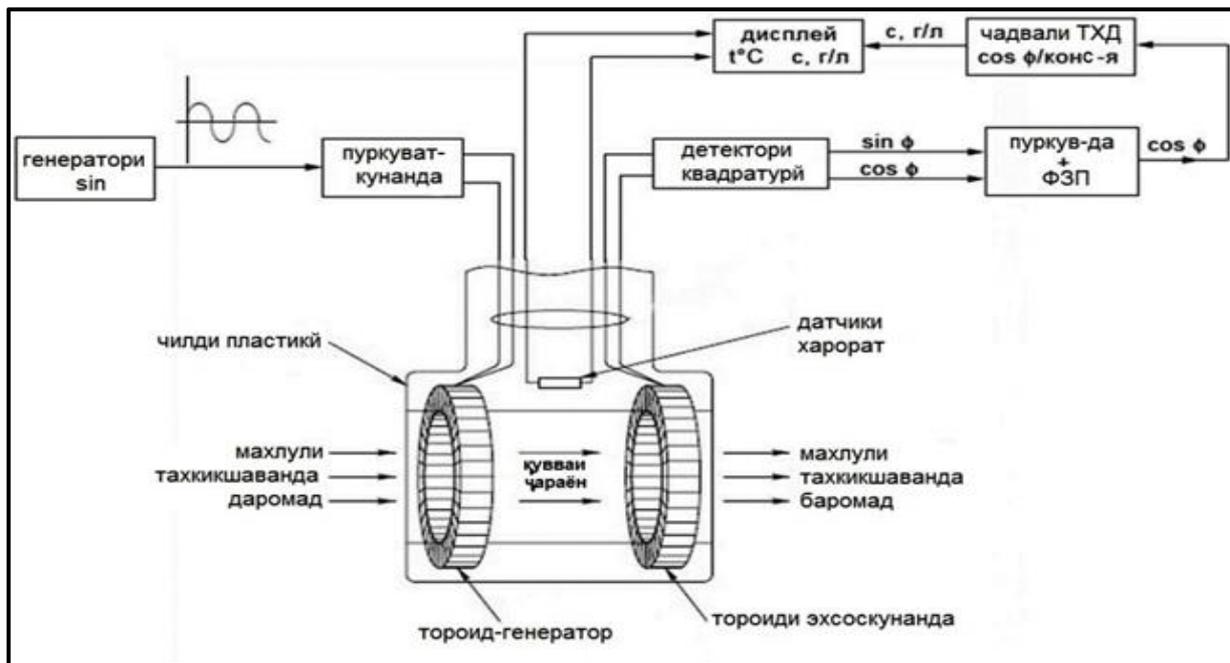
№ зербанд	Номгӯи параметрҳо	Қимати параметрҳо
1	Худуди ченкунии концентратсӣ	0,2 ÷ 300 г/л
2	Саҳеҳияти ченкунии концентратсияи NaCl	± 0,1 г/л (дар худуди 8-25°C)
3	Андозаи зонди ғуташаванда	230 x 33 мм

Дар кондуктометри Калмар сенсори тороидӣ истифода шудааст, ки электрод надорад. Дар расми 27 нақшаи сохтории кондуктометр нишон дода шудааст. Принципи кори тархро дида мебароем. Дар тороиди барангезанда бо ёрии генератори баландуствори синус ва пуркуваткунандаи тавоноӣ чараёни сели магнитии тағйирёбандаи синусоидали ҳосил мешавад. Агар дар дохили тороид муҳити электрогузаронандаи пайваста (маҳлули NaCl) афтад, он гоҳ дар он муҳит қувваи чараёни тағйирёбандаи индуксионӣ пайдо мешавад. Ин чараён харду тороиди барангезанда ва эҳсоскунандаро ихота мекунад.

ТИЧ (таҷҳизоти ибтидоии ченкунӣ)-и тороидалӣ аз ҳалқаҳои ферритӣ бо қутри 22-25 мм (берунӣ) бо гузариши магнитии 5000 - 6000, $H = 1200$ А/м иборат аст. Хӯлаҳои пермаллоиро истифода бурдан мумкин аст. Миқдори печакҳо дар ғалтаки ибтидоӣ 80 печак ва дар ғалтаки дуввум мутаносибан 120 печак аст.

Тороиди эҳсоскунанда дар речаи трансформатори чараён кор мекунад. Дар умум байни бонги барангезанда ва қабулшуда лағжиши фазавии умумии ϕ вучуд дорад. Детектори квадратурӣ бонгиро ҷудо мекунад, ки ба электрогузаронии $\sin \phi$ ва $\cos \phi$ мутаносиб мебошад. Барои ба даст овардани концентратсия дар воҳиди г/л, бонги $\cos \phi$ дар якҷоягӣ бо ҳарорати ҷорӣ ба ҷадвали концентратсия ҷой дода мешавад, ки дар АХД (асбоби хотираи доимӣ)-и регистратор (бақайлгиранда) ҷойгир кунонида мешавад. Дар **дисплей** сабткунанда қимати концентратсияи ҳақиқӣ дар баробари ҳарорат нишон дода мешавад.

Кондуктометр бо концентратсияи маҳлули оби намаки ошомидани калибровка шудааст. Ивази модда бо иваз намудани файли корӣ пешбинӣ шудааст.



Расми 27. - Нақшаи сохтории кондуктометр

Раванди автоматикунонии калибровка имкон медиҳад, ки таҳқиқкунанда мустақилона дастгохро ба концентратсияҳои гуногуни дилхоҳ электролитҳо калибровка намояд.

Дастгоҳ аз се қисм иборат аст: 1 - зонди ғўтанда, ки ба маҳлули таҳқиқшаванда фароварда мешавад; 2 – сабткунанда (компютери нетбук), коркарди математики, нигоҳдорӣ ва тасвири маълумотҳои аз зонд омадаро бо системаи амалётии Windows ва барномаи махсус барои кондуктометр, иҷро менамояд; 3 - ноқили пайвасткунанда, ки алоқаи сабткунандаро бо зонди ғўтанда таъмин менамояд.

Хусусиятҳои техникий кондуктометри Калмар дар ҷадвали 7 оварда шудаанд.

Кондуктометри Калмар аз зонди ғутанда, сабткунанда ва ноқили пайвасткунанда иборат аст (расми 28). Ноқили пайвасткунанда ба сабткунак бо ёрии дастгоҳи ёрирасоне, ки ба порти USB-и компютер пайваст шудааст, пайваст карда мешавад.

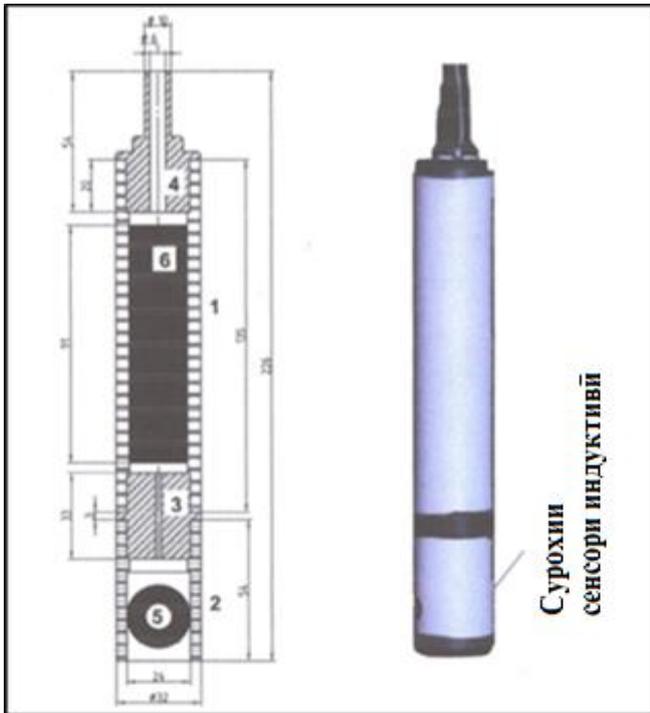
Чадвали 7. - Хусусиятҳои техникий кондуктометр

Худуди ченкунии концентратсия	0,2 ÷ 300 г/л
Саҳеҳияти ченкунии концентратсия NaCl	± 0,1 г/л (дар худуди 8-25°C)
Худуди ченкунии электргузаронӣ	0,2 -600 мСм/см
Саҳеҳияти ченкунии электргузаронӣ	±0,1 мСм/см
Худуди ченкунии ҳарорат	0 ÷ 45 °C
Саҳеҳияти ченкунии ҳарорат	± 0,05 °C (0 ÷ 45 °C)
Интерфейси зонди ғуташаванда	RS-232 пурқувватшудаи то 200 м
Интерфейси сабткунанда	USB
Даври ченкунӣ	0,1 сония
Тавоноии истеъмоли	0,16 Вт
Мухлати миёнаи хизматрасонии зонди ғуташаванда	5 сол
Мухлати миёнаи хизматрасонии сабткунанда	10 сол
Дарозии ноқили информатсионӣ	то 200 м
Вазни зонди ғуташаванда	850 г
Андозаи зонди ғуташаванда	230 x 33 мм
Андозаи сабткунанда	270 x 170 x 30 мм



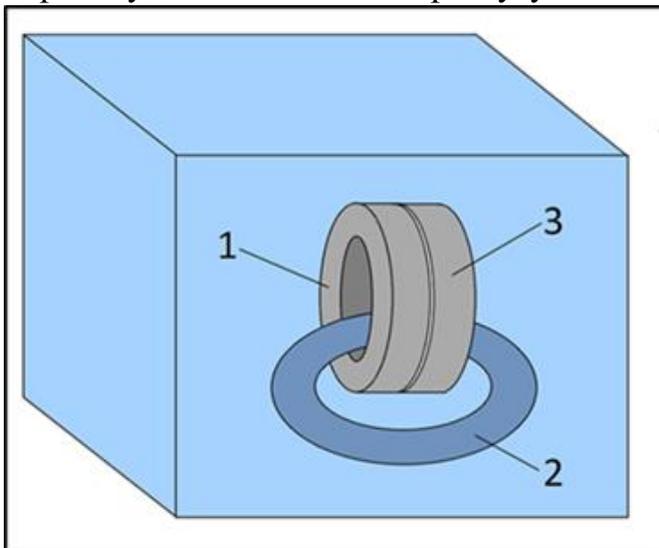
Расми 28. - Ҷузъҳои кондуктометр

Зонди ғутанда (расми 29) аз ду қисми кубури пластикийи 1 ва 2 иборат аст. Қисмҳо бо ҳам бо пайвастагии раҳапеч бо ёрии муфтаи оҳанин 3 пайваст шудааст. **Муфтаи** пӯлодӣ 3 дорои сӯроҳии ноқилгузар мебошад. Зонд аз боло бо сарпӯшаки пӯлодӣ 4 пайвастагии раҳапечи дорад. Дар қисми кубури 2 сенсори индуктивӣ 5 ва ҳароратсанҷ ҷойгир шудааст. Ҳарду сенсор бо мақсади ба об расиш пайдо накардан бо муми эпоксидӣ пушонида шудааст. Дар кубури 1 қисми электроники зонди ғутташаванди 6 ҷойгир ва бо моддаи обногузар пур карда шудааст.



Расми 29. - Зонди ғутанда: 1,2- порчаи кубури пластикии обӣ, 3- муфтаи пӯлодӣ, 4-пукии пӯлодӣ, 5 -сенсори индуктивӣ ва ҳарорат, 6 - қисми электронӣ

дар намуди аналитикӣ бо ёрии усули



Расми 30. - Нақшаи сенсори индуктивӣ:
1-ғалтаки ибтидоии сенсори индуктивӣ,
2-чараёни электрикии тағйирёбанда,
3-ғалтаки дууми сенсори индуктивӣ

дар ин ҷо $i = 1, 5, 10, \dots 300$ - консентратсияи қайдшудаи муайяни маҳлул, г/л; χ - ЭХ, См/м; t – ҳарорати об, °С.

Оилаи функсияи ϕ базиси (асоси) новобастагии хаттиро ташкил мекунад, ё ин ки функсияҳо ба ҳамдигар бо сабаби равандҳои гуногуни физикӣ, ки дар консентратсияҳо ва ҳароратҳои гуногун рӯй медиҳанд, ҳеҷ гуна алоқамандӣ надоранд. Ҳар як функсияи изоконцентрат ϕ_i бо полиноми дараҷаи дуум ҳангоми

Ғалтаки индуктивии якуми сенсор (1) майдони тағйирёбандаи магнитӣ ба вучуд меорад, бинобарин, дар моеъ шиддати электрикӣ ба вучуд меояд (расми 30). Тахти таъсири ин шиддат ионҳои мусбат ва манфии дар моеъ буда ба ҳаракат мебароянд, ки дар натиҷа қувваи чараёни тағйирёбанда ба вучуд меояд (2) ва ҳамчунин дар ғалтаки дуум чараёни электрикӣ пайдо мешавад. Қимати қувваи чараёни ғалтаки дуум ба электрогузаронии моеъ мутаносиби роста буда бо зонди ғутанда чен карда мешавад.

Аксарияти кондуктометрҳои саноатӣ дар асоси ҷадвали вобастагии эмпирӣ, ки дар EEPROM сабт шудаанд, кор меkunанд.

Кондуктометри «Калмар» дар асоси амсилаи математикии ягонае, ки

квадрати хурд (УКХ) ба даст омадааст, кор мекунад ва монотонӣ сахт менамояд. Электрогузаронии маҳлули моддаҳо, аз он ҷумла NaCl бо функсияи се тағйирёбанда тасвир карда мешавад:

$$F_{\text{NaCl}}(C, \chi, t) = 0, \quad (14)$$

дар ин ҷо C – консентратсия, г/л; χ - ЭХ, мСм/см; t - ҳарорат, °С.

Барои он, ки ба ҳалли системаи муодилаҳои ҳосилаи хусусӣ машғул нашавем, мафҳуми изоконцентрат, ё ки буриши ҳамворӣ (14) ҳангоми $C = \text{const}$ ворид мекунем. Ин ба мо имкон медиҳад, ки арзиши консентратсияро қайд карда, вобастагии (14) ба шакли зерин табдил дода шавад:

$$C_i = \phi_i(\chi, t), \quad (15)$$

наздик ба атрофи ченкуниҳо ва ҳарорати муайян қайдшуда дуруст тасвир карда мешавад:

$$C = a\chi^2 + b\chi + c, \text{ хангоми } t = const \quad (16)$$

Ҳисоби коэффитсиентҳои a , b , c бо усули квадрати хурд ё ки бо формулаи интерполясионии Лагранж ҳосил карда мешавад. Қайд мекунем, ки функсияҳои $\varphi(\chi, t)$ дар ягон ҷой нигоҳ дошта намешаванд ва ҳамеша дар вақти воқеӣ дар минтақаҳои наздик ҳисоб карда мешаванд, ки дақиқ будани онҳоро таъмин мекунанд. Дар файли изоконцентрат функсияҳои $\varphi_i(\chi, t) = 0$ нигоҳ дошта мешавад, ё ки

$$\chi = f(t) \text{ хангоми } C_i = const. \quad (17)$$

Функсияҳо $\chi = at + b$ дар ҳудуди ҳарорати 8-20°C хаттӣ буда ё ки бо полиноми дараҷаи 3-5 дар ҳудуди васеъи ҳарорат тасвир карда мешавад.

Ҳамин тариқ, амсилаи математикии кондуктометри Калмар аз қисми муодилаҳои изоконцентрати муайян қайд карда шуда ва қисми ҳисобшаванда бо усули квадрати хурд иборат мебошад. Ҳисобкунӣ бо протсессори 32-битаи то 5-6 рақами назаррас анҷом дода мешаванд.

Файлҳо бо муодилаҳои изоконцентрат. Ин файлҳоро барнома барои ҳисоб кардани концентратсияи маҳлул дар асоси ҳарорати ҷорӣ ва ЭХ истифода мебарад. Барои ҳар як модда як оилаи нави вобастагӣ ба таври таҷрибавӣ муайян карда мешавад. Натиҷаҳо дар файл бо номи модда навишта мешаванд (ҷадвали 8). Масалан, дар файли NaCl.txt муодилаҳо барои кор бо маҳлулҳои намаки ошӣ мавҷуданд. Метавонанд дар ҳама ҷой сабт карда шаванд.

Файлҳо бо муодила инро дар бар мегиранд:

– сарлавҳаи шакли $\chi = NaCl$, ки дар он $NaCl$ формулаи кимиёвии моддаест, ки муодилаҳо барои он тадқиқ карда мешаванд;

– сатрҳо бо қимати концентратсияи маҳлули стандартӣ (г/л), ки дар раванди калибровкакунии параметри C истифода мешаванд.

Ҷадвали 8. - Намунаи тартиб додани файл бо муодилаҳои изоконцентрат

$\chi=NaCl$	$c=1$	$\chi=0,3317t+9,716$
	$c=4,983$	$\chi=1,5868t+54,742$
	$c=9,951$	$\chi=3,317t+97,16$
	$c=19,841$	$\chi=5,987t+189,77$
	$c=29,67$	$\chi=8,721t+267,37$
	$c=39,435$	$\chi=10,935t+347,94$
	$c=49,138$	$\chi=13,42t+421,3$
	$c=73,11$	$\chi=18,453t+595,78$
	$c=96,672$	$\chi=22,997t+743,41$
	$c=119,82$	$\chi=26,929t+881,4$
	$c=142,54$	$\chi=30,51t+992,73$
	$c=164,84$	$\chi=33,47t+1098,2$
	$c=186,72$	$\chi=36,196t+1177,2$
	$c=208,18$	$\chi=38,369t+1248$
	$c=229,22$	$\chi=40,67t+1298,7$
	$c=260,14$	$\chi=42,34t+1349,6$
	$c=299,89$	$\chi=45,21t+1391,9$

Дар минбаъда муодилаи вобастагии ҳарорат аз ЭХ ба шакли зерин оварда шудааст:

$$\chi = at + b, \quad (18)$$

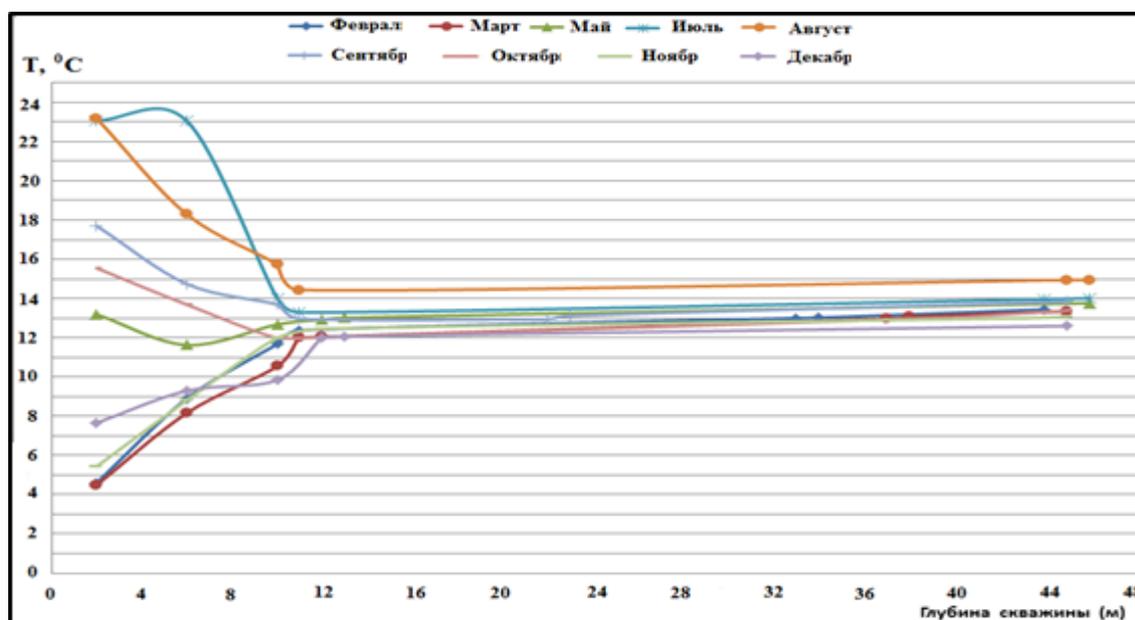
дар ин ҷо t - ҳарорат, °С; χ – ЭХ бо бузургии асбоб (A_OUT).

Дар **боби панҷуми** диссертатсия асосҳои назариявӣ ва амалии истифодаи тағйироти речаи геотермикии қишри замин; натиҷаҳои кор карда баромадани усул ва системаи назорати тағйирёбии майдони гармии қишри замин ва ҷойгиршавии пардаи гарминогузар дар қишри замин, усули муайян кардани коэффитсиенти полоишӣ дар зерасоси сарбанд ва роҳҳои мутаммаркази полоишӣ; асосҳои назариявӣ ва амалии тағйирёбии хусусиятҳои гидрогеохимиявии зерасоси сарбанди баландфишор; натиҷаҳои таҳлил ва арзёбии шароити геологӣ ва гидрогеохимиявии минтақаи қабати намак; натиҷаҳои таҳқиқоти саҳроии тағйирёбии речаи гидрогеохимиявии атрофи қабати намак вобаста ба тағйирёбии сатҳи оби дарёи Вахш; методология ва натиҷаҳои мониторинги мусаффошавӣ, шуршавии обҳои маъданноки зеризаминӣ ва пайдо шудани пардаи гидрофишорӣ - осмотикӣ, муҳокима карда мешавад.

Дар заминаи сарбанди НБО-и Роғун, дар ҷоҳои шабакаи пезометрӣ, ки дар соҳили чапи дарёи Вахш воқеъ гардидаанд, бо усули геотермӣ раванди гармибарӣ ва тағйирёбии ҳарорат тавассути ҷараёни об дар чуқурӣ омехта шудааст.

Дар мавзеи қабати намаки соҳили чапи дарёи Вахш дар 12 нишонахати назоратӣ мушоҳидаҳои речавии ҳарорат гузаронда шудааст. Шумораи умумии пезометрҳои, ки ба таҳқиқот ҷалб карда шудаанд, 29 ададро ташкил медиҳад. Аз он ҷумла, дар 11 пезометр бо сабабҳои техникӣ таҳқиқот гузаронда нашудааст.

Дар расми 31 графיקи тақсими ҳарорат дар танаи ҷоҳои пезометрии П-31 нишон дода шудааст, ки он замон соли 2011 маҷрои дарёи Вахш баста нашуда буд, яъне дарё қад-қадӣ маҷрои кӯҳнаи худ равона буд.



Расми 31. - Графикҳои тақсими ҳарорат дар ҷоҳои пезометрии П-31 дар соли 2011

Дар асоси графикҳои ба даст овардашуда муқаррар карда шуд, ки вобаста ба тағйирёбии мавсимии ҳарорат ва ҷараёни об дар дарёи Вахш дар қисми обдоштаи пезометрҳо, дар чуқурии 10 — 12 метр тағйир ёфтани ҳарорат якбора мушоҳида

мешавад. Дар чунин чуқурӣ интиқоли гармӣ асосан аз ҳисоби гармигузаронии молекулавӣ, ҳаракати конвективии обҳои зеризаминӣ ва ҷараёни дарёи Вахш ба амал меояд. Дар баробари ин қайд кардан зарур аст, ки аз чуқурии 12 метр поён ҳарорат бо суръати пай дар пай афзудан тағйир меёбад.

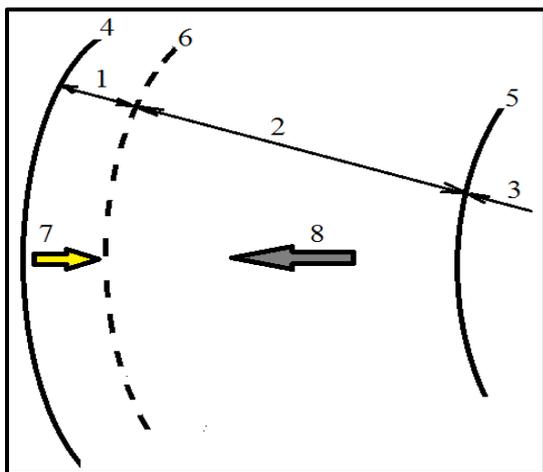
Замин миқдори зиёди энергияро аз Офтоб мегирад, аммо қисми зиёди он ба кайҳон дубора инъикос мегардад. Танҳо як қисми қами энергияи Офтоб ба қишри замин ворид мешавад. Дар баробари ин, таъсири гармии энергияи офтоб ба равандҳои қаъри замин нисбат ба энергияе, ки аз манбаъҳои гармии дохилӣ ҷудо мешавад, хеле кам аст. Дар айни замон ба таври умум эътироф карда мешавад, ки манбаи асосии энергияи гармӣ дар қаъри замин афканишоти радиоактивии изотопҳои устувор мебошад.

Дар расми 32 амсилаи таъсири мутақобилаи ду ҷараёни муқобил дар қишри замин нишон дода шудааст.

Энергияи шуъҳои офтобӣ аз тарафи қишри замин фурубурдашуда ба ҷараёни гармии $q_{z-тпси}$ табдил ёфта, барои гарм кардани қисми наздики сатҳи замин сарф мешавад. Инчунин, энергияи гармии қисми сатҳи болои Замин тавассути гармигузаронии молекулавӣ ва ҷараёни обу ҳавои рӯизаминӣ ба атмосфераи Замин баргардонида мешавад.

Ҷараёни гармии шуъҳои офтобӣ дар қисми наздики сатҳи замин ҳангоми ба қаъри Замин паҳн шудан ба ҷараёни гармии муқобил $q_{z-тпнз}$, ки аз қаъри Замин меояд, дучор мегардад. Дар натиҷаи бархурди ду ҷараёни гармӣ сатҳи нейтралӣ, сарҳади тағйирёбии якбораи ҳарорат пайдо мешавад.

Сарҳади тағйирёбии якбораи ҳарорат - ин пардаи гарминогузари заминӣ мебошад, ки қишри заминро ба минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб (қисми болоии қабати қишри замин) ва минтақаи ҷамъшавии ҷараёни гармӣ, ки аз қаъри Замин бармеояд, тақсим мекунад, ки онро шиддатнокии шуъҳои офтобӣ, суръат ва ҳаҷми ҷараёни обе, ки дар маҷро ҷорӣ мешавад, гармигузаронии миёнаи ҷинсҳои қишри замин, гармиғунҷоиши обҳои зеризаминӣ ва ҷараёни муқобили гармие, ки аз қаъри Замин бармеояд, муайян мекунад.



Расми 32. - Амсилаи таъсири мутақобилаи ду ҷараёнҳои муқобили гармӣ дар қишри замин (1 - қисмати болоии қабати қишри замин (минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб), 2 - қишри замин (минтақаи ҷамъшавии энергияи гармӣ, ки аз қаъри Замин меояд), 3 - ядрои берунии Замин, 4 - сатҳи Замин, 5 - сарҳади берунии ядрои Замин, 6 - пардаи гарминогузар, 7 - фурубарии энергияи офтоб ва табдили он ба энергияи гармӣ ($q_{z-тпси}$), 8 - ҷараёни гармии муқобил, ки аз қаъри замин меояд ($q_{z-тпнз}$))

Вақте, ки шарт $q_{z-тпси} > q_{z-тпнз}$ риоя карда мешавад, пардаи гарминогузари заминӣ ба қаъри Замин ҳаракат мекунад ва ҳангоми иҷро шудани шарт $q_{z-тпси} < q_{z-тпнз}$ пардаи гарминогузари заминӣ ба сатҳи болоии Замин наздик мешавад, ки ин аз зиёдати ҷамъ шудани энергияи гармие, ки аз қаъри Замин бармеояд, шаҳодат медиҳад.

Баробари ба сатҳи Замин наздик шудани пардаи гарминогузари заминӣ ҳаҷми минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб кам гардида, ба гармшавии аномалии қисми наздики сатҳи болоии қишри замин оварда мерасонад, ки ин яке аз сабабҳои муҳими гарм шудани ҳавои атмосфера; вайрон шудани ҳарорати ташаккули барф

дар давраи аввали фасли зимистон; боришоти шадиди ғайримуқаррарии борон; обхезӣ; тӯфон; таназзули пиряхҳо; зиёд шудани бухоршавии обҳои рӯизаминӣ; хушксолӣ, инчунин зиёд шудани майдони сухтори ҷангал мегардад.

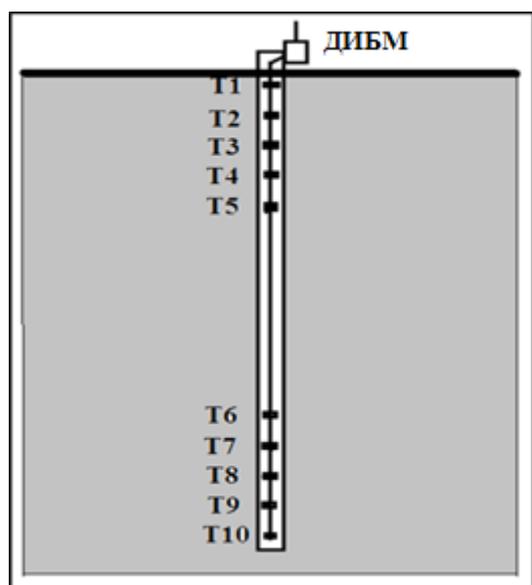
Пардаи гарминогузари заминӣ нисбат ба суроби (контур) Замин аз нигоҳи худудӣ дорои умқи нобаробари ҷойгиршавӣ буда, шакли кураи номунназамро ифода менамояд.

Аз ин рӯ, пардаи гарминогузари заминӣ нишондиҳандаи физикии рушди шароити иқлимӣ ба самти гармшавӣ ё хунукшавии иқлим дар рӯи Замин мебошад.

Дар натиҷаи таҳқиқот ҳодисаи физикии қаблан номаълум (барои шароити объекти таҳқиқотӣ) ба таври таҷрибавӣ муқаррар карда шуда, пайдоиши пардаи гарминогузари заминӣ, ки қишри заминро *ба минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб* (қисми наздики сатҳи қишри замин) ва *минтақаи ҷамъшавии ҷараёни гармӣ, ки аз қаъри Замин меояд* тақсим мекунад, онро шиддатнокии шуъоҳои офтобӣ, суръат ва ҳаҷми ҷараёни обе, ки дар маҷро ҷорӣ мешавад, гармигузаронии миёнаи ҷинсҳои қишри замин, гармиғунҷоиши обҳои зеризаминӣ ва ҷараёни муқобили гармие, ки аз қаъри Замин бармеояд, муайян менамояд.

Бо мақсади муқаррар намудани эътимоднокии тақсимои ҳарорат дар қишри замин, муайян кардани ҷойгиршавии аниқ пардаи гарминогузари заминӣ ва қимати зинаи геотермикӣ усул ва системаи автоматии ҷенкунии бисёрканала барои дар вақти воқеи ҷен кардани ҳарорат кор карда баромада шудааст.

Усул ва системае, ки муаллиф коркард намудааст, дар ҷои пешакӣ интихобшудаи қишри Замин ҷоҳи чуқуриаш то 200 метр парма карда шуда, дар он 10 сенсори ҳарорат пай дар пай васл карда мешавад. Дар қисми наздик ба сатҳи замини ҷоҳи гуруҳи якуми сенсорҳои T₁-T₅, ки масофаи байнашон аз як то панҷ метр аст, барои ҷен кардани гармии қисми наздики сатҳи Замин аз шиддати шуъопошиҳои Офтоб ва чуқурии ҷойгиршавии пардаи гарминогузарии заминӣ гузошта мешавад. Гуруҳи дуҷуми сенсорҳои T₆-T₁₀ дар чуқурии 150 метр бо қадами 10 метр барои муайян кардани тақсимои ҳарорат дар қишри Замин ва зинаи геотермикӣ гузошта мешавад, ки дар он таъсири беруна ба нишондиҳандаҳои сенсор истисно карда мешавад. Нақшаи ҷойгиршавии сенсорҳои ҳароратии гуруҳҳои T₁-T₅ ва T₆-T₁₀ дар расми 33 нишон дода шудааст.



Расми 33. - Нақшаи ҷойгиршавии сенсорҳои ҳароратии гуруҳҳои T₁₋₅ ва T₆₋₁₀ дар ҷоҳ

Ҳама сенсорҳои T₁-T₁₀ ба системаи идоракунӣ ва нигоҳдории иттилоот пайвастанд, ки дар дастгоҳи интиқоли бесими маълумот (ДИБМ) ҷойгиранд. ДИБМ маълумотро ба маркази коркарди маълумот интиқол медиҳад, ки дар он дар асоси ин маълумот муодилаи якуми эмпирикӣ мувофиқи нишондиҳандаҳои гуруҳи сенсорҳои ҳарорат T₁-T₅ ва дуҷум аз рӯи нишондиҳандаҳои гуруҳи сенсорҳои ҳарорат T₆-T₁₀ тартиб дода мешавад, ки шакли зерин доранд:

$$T_{1-5}(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (19)$$

$$T_{6-10}(k, n) = a_k h(k, n) + b_k, \quad (20)$$

дар ин ҷо, a_i , b_i , a_k , b_k – коэффитсиентҳои муодилаҳои эмпирикӣ; h – чуқурии мушоҳидавии тағйирёбии ҳарорат дар ҷоҳ; T₁₋₅, T₆₋₁₀ – ҳарорат; $i, k = 1 \div n$ – индекси тартиби муодилаҳои эмпирикӣ; $j, n = 1 \div 5$ – шумораи нуқтаҳои ҷенкунии қимати ҳарорат, ки аз рӯи он муодилаҳои эмпирикӣ тартиб дода шудааст.

Дар асоси гуруҳи сенсорҳои ҳарорати T₁—T₅ муодилаи эмпирикӣ тағйирёбии ҳароратро дар қисми наздики сатҳи қишри Замин дар вақти обу ҳавои муътадил

комилан дуруст тавсиф менамояд, чуқурии ҷойгиршавии пардаи гарминогузари заминро пайгирӣ мекунад. Дар асоси гурӯҳи сенсорҳои ҳарорат T_6 - T_{10} , муодилаи эмпирикӣ қонуниятҳои тақсимишавии ҳароратро муайян мекунад. Инчунин умқи ҷойгиршавии пардаи гарминогузари заминро муайян қадан мумкин аст.

Ҳалли муодилаҳо (19 ва 20) имкон медиҳад, ки умқи ҷойгиршавии пардаи гарминогузари заминро муайян намоем, ки ҳарорати минималии он $T_{т3}$ -ро ташкил мекунад:

$$h(i, j) = \frac{T_{1-5}(i,j) - b_i}{a_i}, \quad (21)$$

$$h(k, n) = \frac{T_{6-10}(k,n) - b_k}{a_k}, \quad (22)$$

дар ин ҷо, $T_{1-5}(i, j) = T_{6-10}(k, n) = t_{т3}$; a_i, b_i, a_k, b_k – коэффитсиентҳои муодилаҳои эмпирикӣ; $h(i, j) = h(k, n)$ – чуқурии ҷойгиршавии пардаи гарминогузари заминӣ, ки ба ҳарорати минималии $t_{т3}$ баробар аст.

Бо истифода аз муодилаҳои якуми эмпирикӣ (19 ва 21), умқи ҷойгиршавии пардаи гарминогузари заминӣ ва тағйирёбии мавсимии он дар ҳамвории амудӣ, инчунин рӯзона (ҷамъшавии гармии шуълопошиҳои офтобӣ) ва шабона (зимистон) мубодилаи гармии сатҳи наздик ба замин бо ҳавои атмосфера муайян карда мешаванд.

Муодилаҳои дуҷуми эмпирикӣ (20 ва 22) тақсимооти ҳароратро дар қишри замин, паси пардаи гарминогузари заминӣ ва тағйирёбии зинаи геотермикиро дар давоми сол ва дар давраҳои минбаъда муайян мекунад.

Ҳалли муштараки ҳарду муодила ҷойгиршавии дақиқияти пардаи гарминогузарӣ ва тағйирёбии мавсимии онро дар давраи мушоҳида муайян мекунад.

Ҳамин тариқ, усул ва системаи назорати тағйирёбии речаи гармии қишри замин имкон медиҳад, ки ҳолатҳои зерин: умқи ҷойгиршавии пардаи гарминогузари заминӣ; ҳаҷми минтақаи ҷамъшавии энергияи офтобӣ дар қисми наздики сатҳи қишри Замин; самти ҷараёни гармӣ; тағйирёбии зинаи геотермикии қишри Замин; тағйироти қонуниятҳои тақсимооти ҳароратро дар қишри Замин аз руи суръати мушоҳидаҳо; ҷамъшавии рузона - тобистонии энергияи офтоб дар қишри замин, ва инчунин шабона – зимистона мубодилаи гармиро ба ҳавои атмосфера; гармии боқимонда дар қабати замин дар давоми сол ва давраҳои минбаъда; таъсири объектҳои калони табиӣ ва сунъӣ ба тағйир ёфтани речаи гармии қишри Замин, инчунин дар ҳар вақти дилхоҳ тартиб додани муодилаҳои эмпирикӣ, **муайян карда шаванд.**

Омӯхтани ҷолоиши об дар хок, маводҳои гуногуни ковок ва чинсҳои сангии зерасоси сарбандҳои баландфишор барои ҳалли бисёр масъалаҳои муҳандисии соҳаи гидротехникӣ аҳамияти калони амалӣ дорад.

Тавре маълум аст, суръати ҷолоишӣ v ҳангоми ҳаракати ламинарии моеъ дар сӯроҳҳои хок ба қонуни Дарсӣ итоат мекунад

$$v = kI = -k \frac{dh}{dx}, \quad (23)$$

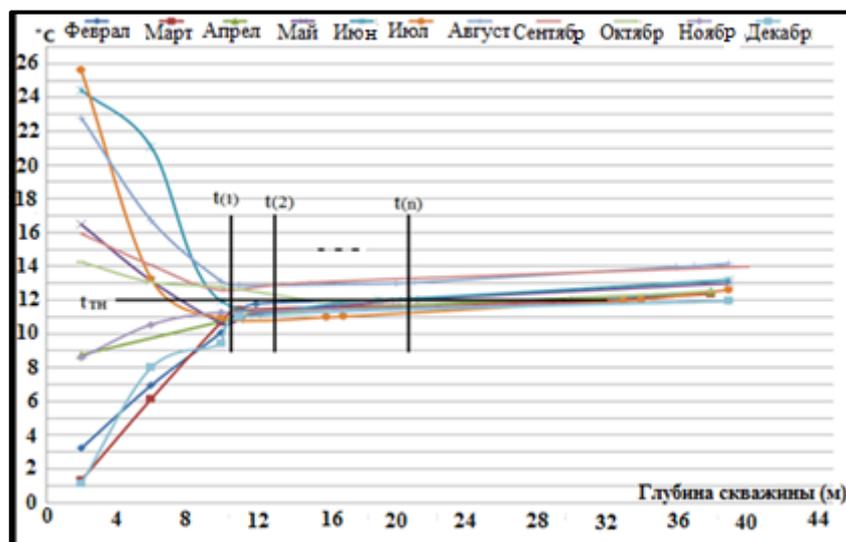
дар ин ҷо k — коэффитсенти ҷолоишӣ, см/с; $I = -\frac{dh}{dx}$ – градиенти фишор, ки дар зери таъсири он ҳаракати об ба амал меояд. Суръати ҷолоиш v хусусияти миёнаи ҳаракати об мебошад.

Тавре маълум аст, татбиқи қонуни Дарсӣ (23) ҳангоми ташаккули роҳҳои мутамаркази ҷолоишӣ (ҷолоиши каналӣ) дар чинсҳои тарқишдори санглоҳ дар зерасоси сарбанди баландфишор, ки ҳаракати оби ҷолоишшуда хусусияти турбулентиро мегирад, мувофиқат намекунад.

Татбиқи назарияи интиқоли гармӣ ва масса имкон медиҳад, ки суръати ҷолоиш барои ҳаракатҳои ламинарӣ ва турбулентии моеъҳо муайян карда шавад.

Интиқоли масса ҳатман бо интиқоли гармӣ ҳамроҳ ба амал меоянд. Интиқоли гармӣ ҳангоми ҳаракати ламинарӣ ва турбулентии моеъи аз суръати ҷолоиш вобаста аст. Чӣ қадаре, ки суръати ҷолоиш зиёд бошад, ҳамон қадар суръати интиқоли гармӣ ва умқи тағйирёбии ҳарорат зиёд мешавад.

Ҳаракати обҳои ҷолоишӣ тавассути хок ва сангҳои ҷисмҳои кӯҳи бо интиқоли гармӣ аз сангҳои атроф ҳамроҳ ба амал меоянд. Агар ҳароратро дар баданаи пезометр чен намоем, қимати минималии ҳароратро мушоҳида мекунем, ки ба ҳарорати гармибаранда $t(i)=t_{тн}$ баробар аст (расми 34).



Расми 34. - Графики тағйирёбии ҳарорати об дар П-33

масса ва интиқоли макони мушоҳида дар зерасоси сарбанд, коэффитсиенти ҷолоишро ба таври зерин муайян кардан мумкин аст:

$$K_i = \frac{\Delta h_{тн}}{\Delta T} \quad (24)$$

дар ин ҷо, $\Delta h_{тн} = h(i + 1) - h(i)$ – фосилаи баробарсозии ҳарорат ба ҳарорати гармибаранда (сардкунанда) вақте, ки фишор дар обанбор ба андозаи ΔH_i зиёд мешавад; $\Delta T = T(i + 1) - T(i)$ – вақт, ки дар давоми он қимати $\Delta h_{тн}$ сабт карда мешавад; $i = 1 \div n$ – индекси тартибии муодилаи эмпирикӣ.

Муодилаи (24) дар асл ҳаммонанди қонуни Дарсӣ мебошад, ки имкон медиҳад коэффитсиенти ҷолоишӣ дар зерасосҳои сангии сарбандҳои баланфишор дар зери ҷараёнҳои ламинарӣ ва турбулентӣ ҳангоми сохтмон ва истифодабарии иншоот ҳисоб карда шавад. Ҳаракати ҷараёнҳои ҷолоишӣ ва интиқоли гармиро дар зерасоси сарбанд ба таври зерин тавсиф кардан мумкин аст:

$$t(i) = a h(i) + b, \quad (25)$$

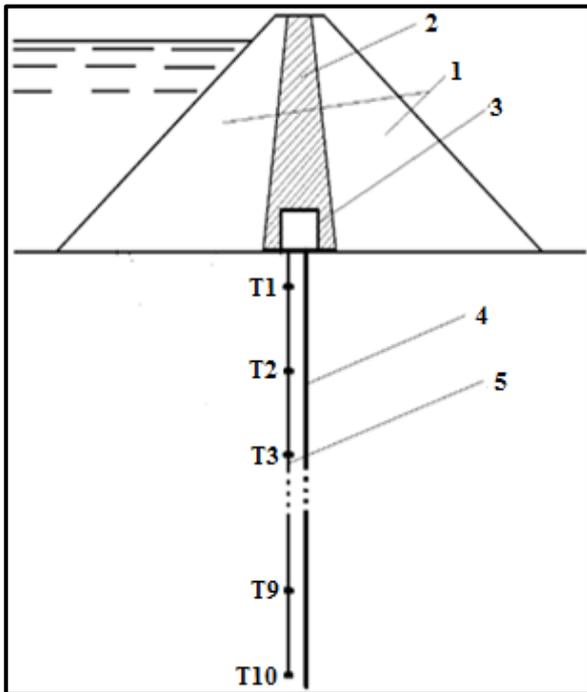
дар ин ҷо, t – ҳарорат; h – чуқурии ҳарорати минималии баробар ба ҳарорати гармибаранда; a, b – коэффитсиентҳои муодилаи эмпирикӣ.

Дар сурати пайдо шудани роҳҳои мутаммаркази ҷолоишӣ дар зерасоси сарбанд, интиқоли гармӣ суръат мегирад ва минтақае, ки дар он ҳарорат то ҳарорати гармибаранда паст мешавад, $t_{тн} \rightarrow t(i)$ ба таври назаррас меафзояд.

Дар зерасоси сарбанд мушоҳидаҳои тағйирёбии ҳароратро дар ҳамвори амудӣ дар нишоҳати нуқтаҳои назоратӣ ташкил кардан мумкин аст (расми 35). Азбаски майдони ҳарорат дар зерасоси сарбанд муътадил аст, дар он ҷо, ки манбаҳои гармии беруна ба тағйирёбии он таъсир намерасонанд, ба ғайр аз гармибаранда (об), коэффитсиенти ҷолоишро чанд маротиба сахтар чен кардан мумкин аст.

Бо афзоиши тадриҷии фишор дар обанбор, дар зерасоси сарбанд минтақаи мутаммаркази ҷолоишӣ пайдо шуда метавонад, интиқоли гармӣ суръат мегирад ва дар натиҷа, ҳарорат то ҳарорати сардшавии $t_{тн}$ паст мешавад. Гармибаранда дар ин ҳолат оби ҷолоишшуда мебошад.

Бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ,



Расми 35. - Нақшаи ҷойгиркунонии сенсорҳои ҳарорати дар зерасоси сарбанд (1-призмаҳои тамбақунанда, 2-ядрои сарбанд, 3-галереяи назоратӣ, 4-пардаи зиддиполоишӣ, 5-сенсорҳои ҳароратӣ бо шумораи 10 адад, бо қадами 10 м)

$$h(i, j) = \frac{t(i, j) - b_i}{a_i}, \quad (27)$$

дар ин ҷо, $t(i, j) = t_{\text{тн}}$; a_i , b_i – коэффитсиентҳои муодилаи эмпирикӣ; $h(i, j)$ – чуқурии баробаршавии ҳарорат то ҳарорати гармибаранда $t_{\text{тн}}$.

Дар ҷадвали 9 нақша ва алгоритми тартиб додани пайдарпайи муодилаи эмпирикӣ ва истифодаи он оварда шудааст.

Ҷадвали 9. - Алгоритми пайдарпай ҳосилкунии муодилаи эмпирикӣ ва истифодаи он

№ п/п	Шумораи нуқтаҳо	Муодилаҳои эмпирикӣ	Ҳал	$\Delta h_{\text{тн}}$ ҳангоми $T(i+1) - T(i)$
1	T1÷T10	$t(i, 1) = a_i h(i, 1) + b_i$	$h(i, 1) = t(i, 1) - b_i/a_i$	$h(i+1, 1) - h(i, 1)$
2	T2÷T10	$t(i, 2) = a_i h(i, 2) + b_i$	$h(i, 2) = t(i, 2) - b_i/a_i$	$h(i+1, 2) - h(i, 2)$
3	T3÷T10	$t(i, 3) = a_i h(i, 3) + b_i$	$h(i, 3) = t(i, 3) - b_i/a_i$	$h(i+1, 3) - h(i, 3)$
4	T4÷T10	$t(i, 4) = a_i h(i, 4) + b_i$	$h(i, 4) = t(i, 4) - b_i/a_i$	$h(i+1, 4) - h(i, 4)$
5	T5÷T10	$t(i, 5) = a_i h(i, 5) + b_i$	$h(i, 5) = t(i, 5) - b_i/a_i$	$h(i+1, 5) - h(i, 5)$
6	T6÷T10	$t(i, 6) = a_i h(i, 6) + b_i$	$h(i, 6) = t(i, 6) - b_i/a_i$	$h(i+1, 6) - h(i, 6)$
7	T7÷T10	$t(i, 7) = a_i h(i, 7) + b_i$	$h(i, 7) = t(i, 7) - b_i/a_i$	$h(i+1, 7) - h(i, 7)$
8	T8÷T10	$t(i, 8) = a_i h(i, 8) + b_i$	$h(i, 8) = t(i, 8) - b_i/a_i$	$h(i+1, 8) - h(i, 8)$

Вақте, ки ҳарорати гармибаранда ба нуқтаи T1 мерасад, пас ҳангоми тартиб додани муодилаи эмпирикӣ сатҳи оянда нуқтаи T1 хорич карда мешавад. Ҳамин тариқ, тадричан афзоиш ёфтани минтақаи ҳарорати гармибаранда бо фарогирии нуқтаи T1 то нуқтаи T8, пай дар пай нуқтаҳои ҳарорат ҳангоми тартиб додани муодилаи сатҳи оянда хорич карда мешаванд.

Дар расми 35 нақшаи мушоҳидаҳои ҳарорат дар 10 нуқта бо қадами 10 м нишон дода шудааст. Азбаски қадами байни нуқтаҳо 10 м аст, қимати байни нуқтаҳо бо муодилаи эмпирикӣ, ки дар муодилаи (26) овардашуда муайян карда мешавад.

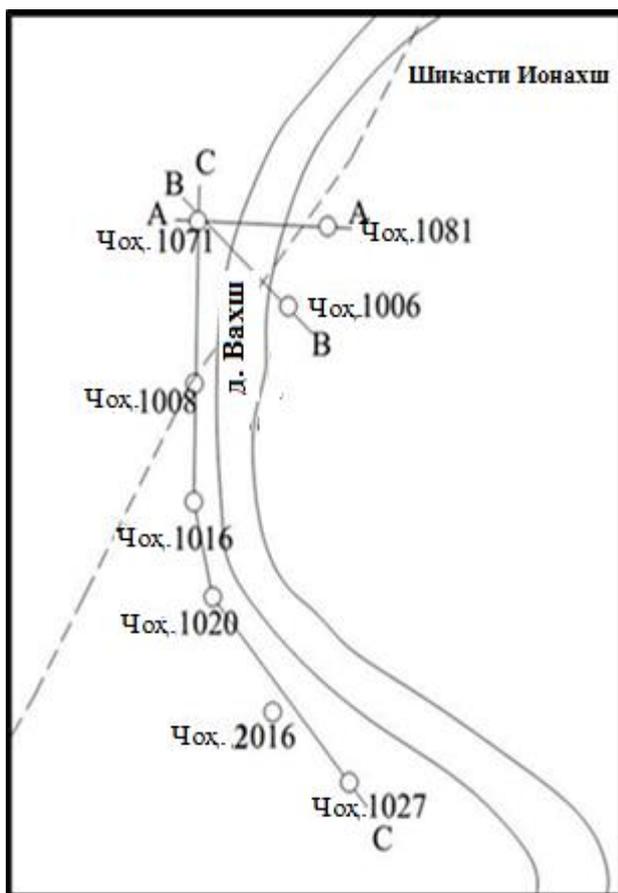
$$t(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (26)$$

дар ин ҷо, a_i , b_i – коэффитсиентҳои муодилаи эмпирикӣ; h – чуқурии мушоҳидавӣ дар ҷох; t – ҳарорат; $i = 1 \div n$ – индекси тартибии муодилаи эмпирикӣ; $j = 1 \div 8$ – индекси сатҳи тартибии муодилаи эмпирикӣ арзёбӣ мешавад.

Бо истифода аз даҳ нуқтаи ҷеншуда, муодилаи эмпирикӣ тағйирёбии ҳароратро дар зерасоси сарбанд комилан дақиқ тавсиф мекунад ва минтақаи ташаккули поилоишии мутаммарказро пайгирӣ мекунад.

Бо ҳалли муодилаи (26) умқи баробаршавии ҳароратро ба ҳарорати гармибаранда $t_{\text{тн}}$ муайян кардан ва пайгирӣ кардан мумкин аст,

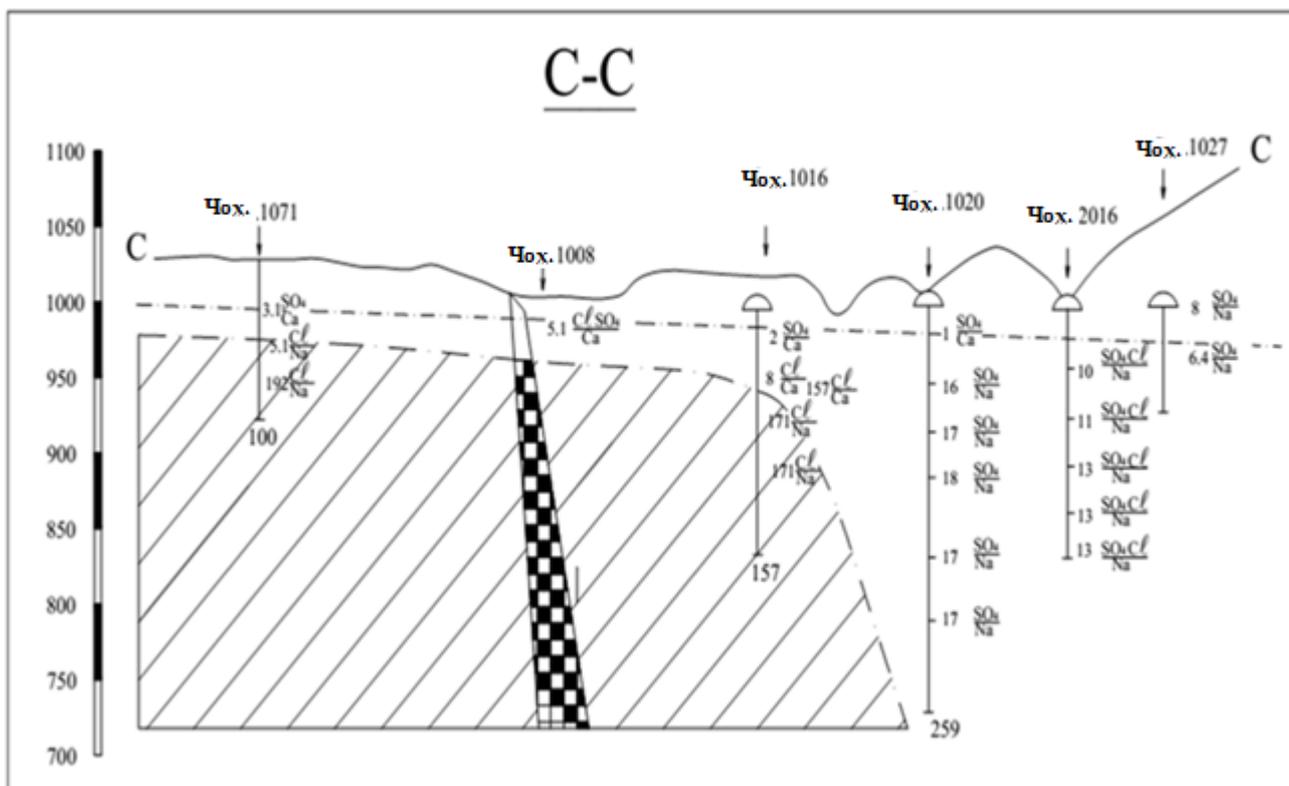
Аз соли 1968 то соли 1977 мушоҳидаҳои речавии сатҳи обҳои зеризаминӣ ва таркиби химиявии онҳо дар чоҳҳои таҳқиқотӣ (расмҳои 36 ва 37) дар зерасоси сарбанди НБО-и Роғун гузаронида шудаанд.



Расми 36. - Нақшаи ҷойгиршавии чоҳҳо

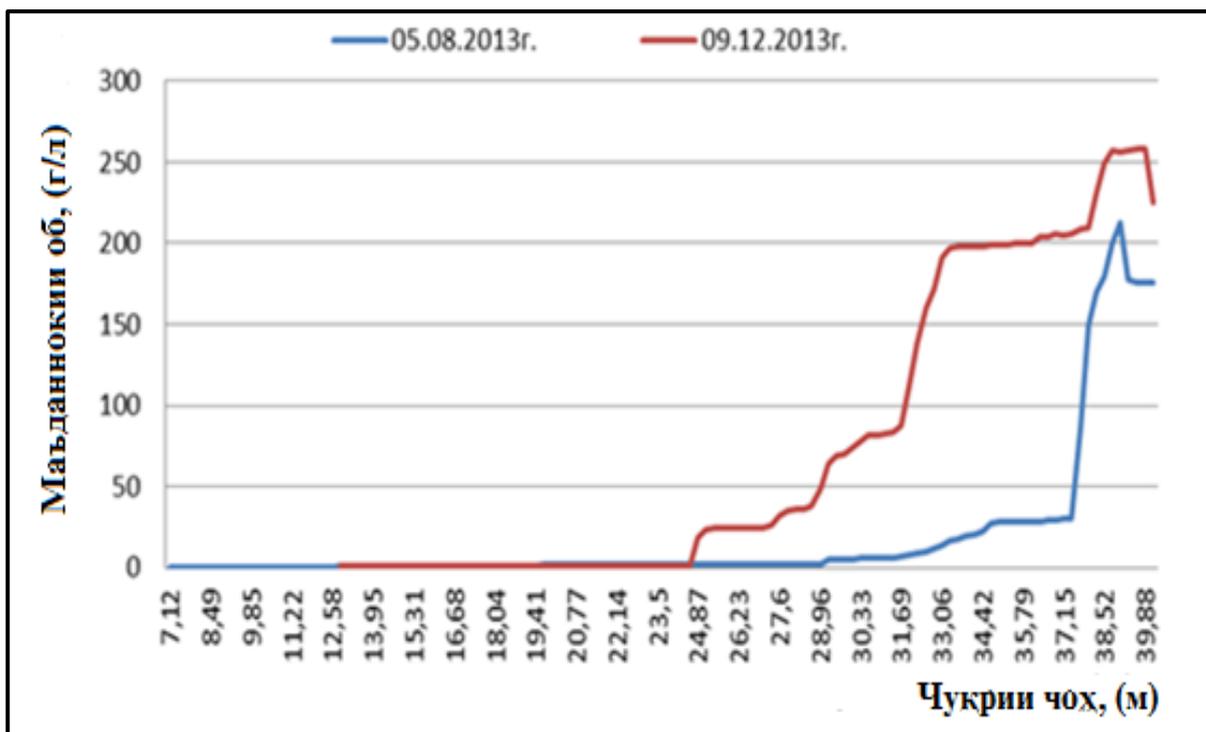
Дар чинҳои давраи юра ва мели поён, яъне дар ҳавзи поён обҳои баландмаъданноки хлоридӣ дар шакли қабати намақобӣ, ки қад-қад қабати намақ паҳн шудааст бо сабабҳои зиёд шарҳ додан мумкин аст, аммо дар айни замон аз сабаби набудани маводи воқеӣ омилҳои афзалиятнокро зикр кардан мумкин нест.

Тағйирёбии маъданнокии обҳои зеризаминиро вобаста ба тағйирёбии сатҳи пезометрӣ бо истифода аз мисоли чоҳи пезометрии П-29а барои солҳои 2013 ва 2014 баррасӣ мекунем (расмҳои 38 ва 39). Аз графикҳои дар боло овардашуда дида мешавад, ки ҳангоми тағйирёбии мусбӣ градиенти гидравликӣ обҳои маъданнокии зеризаминӣ мусалффо шуда, ҳангоми тағйирёбии манфӣ градиенти гидравликӣ обҳои маъданнок шур мешаванд.



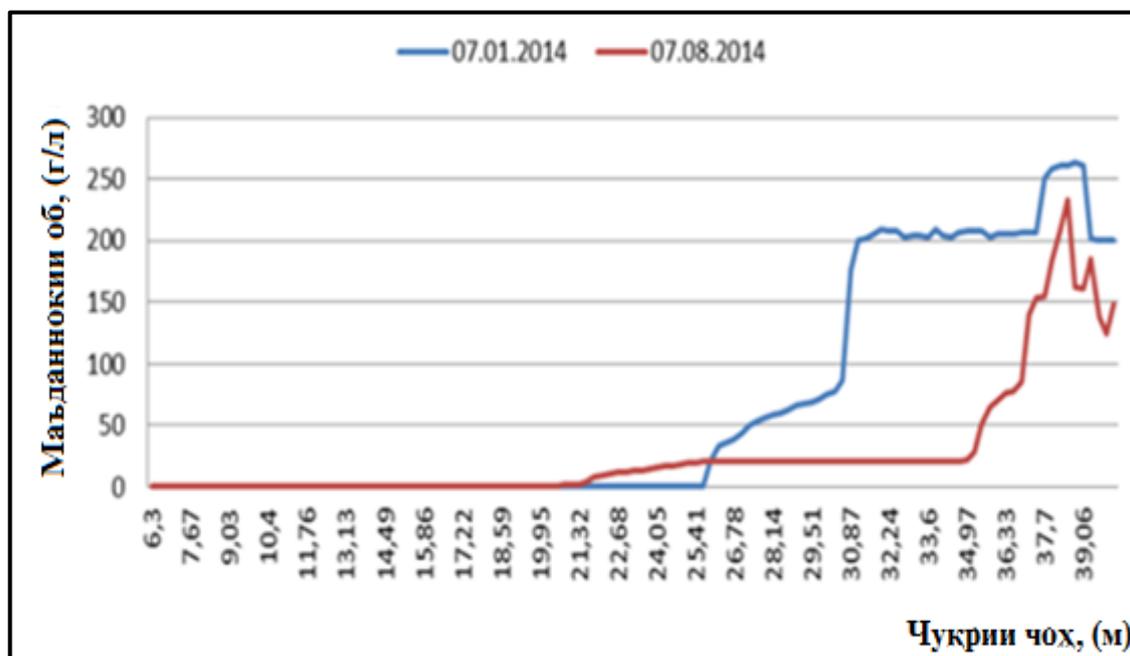
Райс. 37. - Тақсимои сатҳи маъданнокии обҳои зеризаминӣ

Ҳангоми паст шудани фишори гидростатикӣ молекулаҳои об ба таркиби ионии маҳлули оби маъданнокшуда дохил (гидрататсия) мешаванд, ки шуршавии обҳои маъданнокба амал меояд.



Расми 38. - Графики шуршавии обҳои маъданнок дар чоҳи пезометрии П-29а

Бо баланд шудани фишори гидростатикӣ аз таркиби ионии маҳлули обҳои маъданнок беруншавии (дегидрататсия) молекулаҳои об ба амал меояд, яъне обҳои маъданнок мусаффо мегарданд.



Расми 39. - Графики мусаффошавии обҳои маъданнок дар чоҳи пезометрии П-29а

Гидрататсияи молекулаҳои об дар таркиби ионии маҳлули обҳои маъданнок боиси паст шудани фишори осмотикии обҳои маъданноки зерзаминӣ ва дегидрататсияи молекулаҳои об аз таркиби ионии маҳлули обҳои маъданнок ба

баланд шудани фишори осмотикӣ мусоидат мекунад. Фишори осмотикӣ – фишорест, ки дар натиҷаи диффузияи мутақобилаи молекулаҳои маҳлул ва маҳлулкунанда консентратсияи ҳарду маҳлулро баробар менамояд.

Дар ҳолати зикр шуда дар байни обҳои зеризаминии паст маъданнокшуда ва хеле баланд маъданнокшуда пардае пайдо мешавад, ки бо муносибати мувозинати байни фишори гидростатикӣ ва осмотикӣ муайян карда мешавад. Вобаста ба бузургии фишори гидростатикӣ парда метавонад мавқеи худро тағйир дода, ҳамчун сарҳади байни обҳои зеризаминии паст маъданнокшуда ва хеле баланд маъданнокшуда хизмат кунад.

Моҳияти ҳодисаи физикие, ки мо муайян намудем, аз он иборат аст, ки ҳангоми паст шудани сатҳи оби дарёи Вахш ба миқдори $-\Delta h_{об}$ об фишори гидростатикӣ $P_{гст}$ аз фишори осмотикӣ $P_{осм}$ обҳои маъданноки зеризаминӣ паст ($P_{гст} < P_{осм}$) мегардад ва ҷараёни молекулаҳои об ба самти обҳои хеле баланд маъданнокшуда (осмоси мустақим - шуршавии обҳои маъданнокшуда) равона мешавад, ки ин боиси кам шудани консентратсия, тағйирёбии ҷойгиршавии парда ба миқдори $+\Delta h$ ва қатъ гардидани интиқоли массаи молекулаҳои об мегардад.

Дар сурати баланд шудани сатҳи оби дарёи Вахш ба андозаи $+\Delta h_{об}$ фишори гидростатикӣ $P_{гст}$ аз фишори осмотикӣ $P_{осм}$ обҳои маъданноки зеризаминӣ ($P_{гст} > P_{осм}$) зиёд мешавад ва ҷараёни молекулаҳои об ба самти обҳои паст маъданнокшуда равона мешавад (осмоси баръакс – мусаффошавии обҳои маъданнок), ки боиси зиёдшавии консентратсияи он, иваз шудани ҷойгиршавии парда ба миқдори $-\Delta h$ ва қатъ гардидани интиқоли массаи молекулаҳои об мегардад.

Муносибати байни фишорҳои гидростатикӣ ва осмотикӣ ва пайдоиши парда дар байни онҳоро метавонем чунин тавсиф намоем:

$P_{гст} < P_{осм}$ - шуршавии (пастшавии консентратсия) обҳои маъданноки зеризаминӣ,

$P_{гст} = P_{осм}$ - парда байни обҳои паст ва хеле баланд маъданнокшуда (интиқоли массаи молекулаҳои об вучуд надорад),

$P_{гст} > P_{осм}$ - мусаффошавии (афзоиши консентратсия) обҳои маъданноки зеризаминӣ.

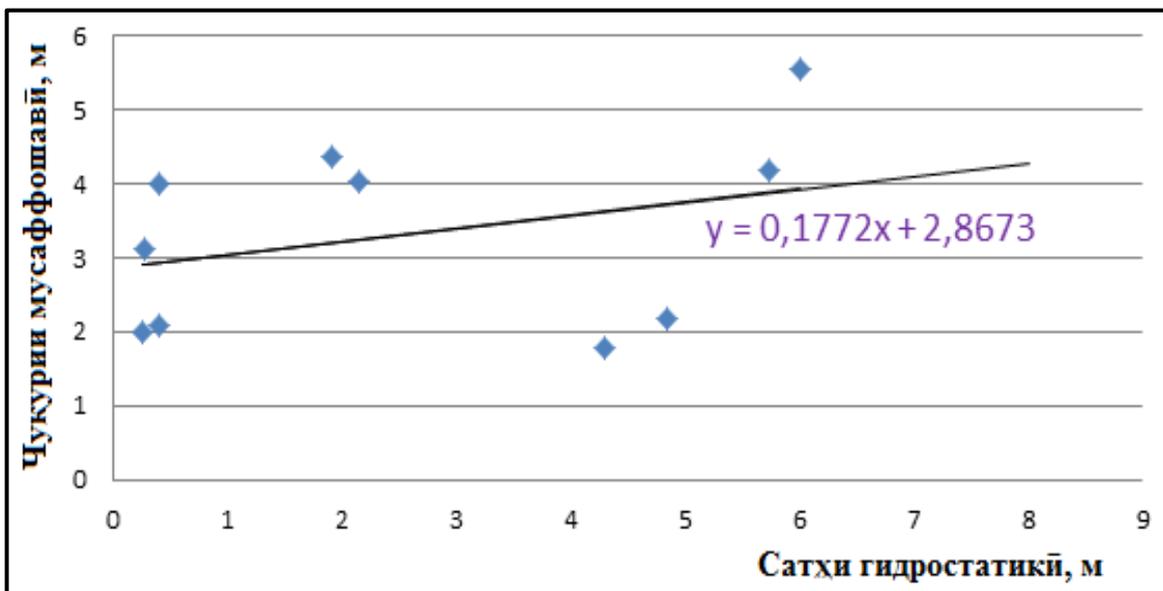
Азбаски парда дар натиҷаи муносибати мувозинати байни фишорҳои гидростатикӣ ва осмотикӣ пайдо мешавад, онро пардаи гидрофишори-осмотикӣ номидан мумкин аст.

Дар расми 37 сарҳади возеҳи байни обҳои паст маъданнокшуда ва баланд маъданнокшуда нишон дода шудааст, ки мавқеи уфуқӣ доранд ва дар давом мавқеи амудиро касб мекунад ва ин тасдиқи он аст, ки пардаи фишори гидравликӣ-осмотикӣ байни обҳои паст маъданнокшуда ва баланд маъданнокшуда метавонад дар мавқеҳои уфуқӣ, амудӣ ва моилӣ ба вучуд биёяд.

Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқоти муаллифӣ, ки дар солҳои 2013-2015 гузаронида шуда буд, бо мақсади муайян кардани вобастагии физикии байни мусаффошавии обҳои маъданноки зеризаминӣ аз сатҳи фишори гидростатикӣ (сатҳи пезометрӣ) бо истифода аз пезометрҳои хос графикӣ тағйироти умқи мусаффошавии обҳои маъданноки зеризаминиро аз тағйирёбии сатҳи фишори гидростатикӣ тартиб дода шудааст (расми 40).

Дар асоси натиҷаҳои бадастомада муодилаи эмпирикии зерин тартиб дода шудааст:

$$Y = 0,1772X + 2,8673. \quad (28)$$



Расми 40. - Графики тағйирёбии умқи мусафшавии обҳои маданнок аз сатҳи гидростатикӣ

Афзоиши фишори гидростатикӣ (сатҳи болооб), ки боиси афзоиши умқи мусафшавии обҳои маданноки зеризаминӣ мегардад, аз набудани рохҳои мутаммаркази ҷолоишӣ дар зерасоси сарбанд шаҳодат медиҳад.

Дар **боби шашуми** диссертатсия асосҳои назариявӣ ва амалии таҳлил ва арзёбии ҷараёни истифодабарии пардаи намаки муваққатӣ дар соҳили чапи қабати намаки НБО-и Роғун; натиҷаи коркарди дастгоҳи идорашавандаи зиддисуффозии дар паси сарғаҳи қабати намак ва боздошти идорашавандаи ҷараёнҳои ҷолоишии паҳлуӣ тавассути дастгоҳҳои дренажӣ; арзёбии сифати сементатсияи мустаҳкамкунии массиви регсангҳои ихотақунанда дар қитъаи таҷрибавии бинои трансформатори НБО-и Роғун, инчунин тавсияҳо оид ба сохтани пардаи зиддиҷолоишии зичиаш баланд дар зерасоси сарбанди НБО-и Роғун баррасӣ мешаванд.

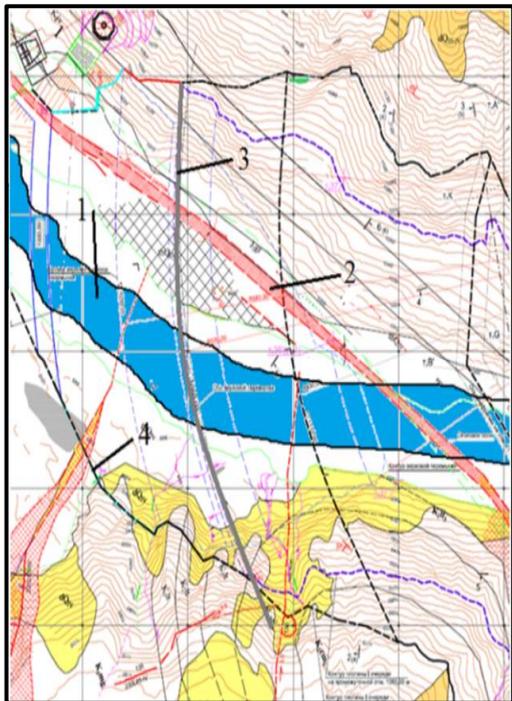
Натиҷаҳои таҳқиқоти бадастомада, ки дар бобҳои қаблии кори диссертатсия оварда шудаанд, ба мо имкон медиҳанд, ки зиёд шудани хатари ҳолати фавқуллода дар минтақаи таҳқиқотии маҷмааи барқи обӣ аз он ҷиҳат аст, ки дар лоиҳаи НБО Роғун (Расми 41), меҳвари сарбанди болоии сохтмонӣ 3 бевосита дар болои шикастаи Ёнахш 2 ҷойгир буда, қабати намак дорад, ки аз зери сарбанди болоии сохтмонӣ аз соҳили чапи дарёи Вахш 1 ба тарафи рост мегузарад ва ин ба он мусоидат мекунад, ки ҳарду тарафи қабати намак дар минтақаи ҷараёни пуршиддати ҷолоишӣ қарор доранд.

Принсипи кори чунин парда аз он иборат аст, ки дар баробари қабати намак аз ҳарду тараф, дар дарозии қитъаи муҳофизатшудаи зери сарбанд, ҷохҳои намак насб карда мешаванд, ки ба онҳо намақобҳои концентратсионии катъӣ дода мешаванд. Мунтазам таъмин кардани зерасоси сарбанд аз намақоб дар зерасоси сарбанд муҳити устувори гидрохимиявӣ ба вуҷуд меояд, ки ба нигоҳ доштани қабати намак дар минтақаи муҳофизатшаванда бо маълумоти ибтидоии ҳисобшуда мусоидат мекунад.

Ҷояи ҳалли ин масъала, аслан бо муҳофизати дар лоиҳаи асосӣ воридшуда мувофиқ аст, аммо бо назардошти зарурати муҳофизати дучонибаи ташаккули намак аз шусташавӣ, он дар шакли мураккабтар аз ҷиҳати қобилиятнокӣ, усулҳои назорат ва дараҷаи эътимоднокӣ пешниҳод шудааст.

Таҳлил ва арзёбии раванди ба қор андохтани пардаи муваққатии намак имконият медиҳад ҳуҷула намоем, ки варианти пешниҳодшудаи ҳалли техникаи ҳифзи қабати намаки зерасоси сарбанди НБО-и Роғун захираҳои

гайриэтимоднок буда, манбаи хавфиро ба ҳаёти коркунони техникӣ дар вақти кор ба вучуд меорад. Бо дарназардошти гуфтаҳои боло, мо дар доираи татбиқи ҳадафҳо ва вазифаҳои кори диссертатсия варианти идоракунии речаи гидрогеохимиявиро тавассути ташкили низоми ҳифзи қабати намак дар асоси падидаи муқарраршудаи физикӣ, яъне пайдо шудани пардаи гидрофишори - осмотикӣ дар байни обҳои зерзаминии паст ва хеле баланд маъданнокшуда пешниҳод намоем.



Расми 41. - Нақшаи тарҳбандии сарбанди болоӣ: 1- дарёи Вахш, 2 – шикастаи Ёнахш, 3 – меҳвари сарбанди болӣ, 4 – сарҳади сарбанди марҳилаи якум

дода мешаванд.

Барои кам кардани таъсири манфии чараёни мусафҳои ҷараён ба қабати намак дар зерасоси сарбанд як қатор ҷоҳҳои 4 аз нақби 2 ба самти қабати болоии сементатсияи муҳофизаткунандаи сарғаҳи намак 3 парма карда мешаванд. Ҷоҳҳо бо кубурҳои пулодии сӯроҳдор мучаҳҳаз карда мешаванд. Бо ин ҷоҳҳо чараёнҳои мусафҳои ҷараён боздошта шуда, тавассути нақб ва системаи кубурҳои 5 ба поёноби иншоот партофта мешаванд.

Ҷумакҳои танзимкунандаи 8 (расми 43), ки дар сари ҳар як қатори ҷоҳҳои 4 насб карда шудаанд, имкон медиҳанд, ки ҳаҷми якхелаи боздоштани чараёни ҷараён таъмин карда шавад, ки дар натиҷа фишори об дар минтақаи пардаи зиддиҷараёнӣ аз фишори об дар қатори ҷоҳҳои 4 зиёд мешавад.

Дар тамоми дарозии қитъаи муҳофизатшавандаи қабати намак дар байни қатори ҷоҳҳои 4 ва пардаи зиддиҷараёнӣ градиенти фишор ба вучуд меояд, ки ба баданҳои қабати намак паҳш кардани обҳои маъданнокро таъмин мекунад, ки дар натиҷа шусташавӣ ва суффозияи онро кам мекунад.

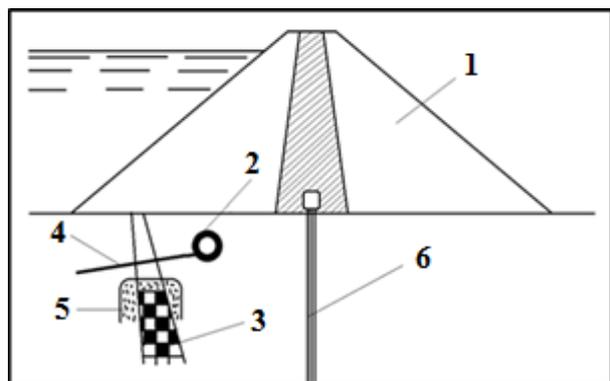
Пас аз пур кардани обанбор ва дар паси қабати намак ба вучуд омадани речаи устувори гидрогеохимиявӣ, ҷумакҳои танзимкунанда дар системаи боздоштани обҳои ҷараёнӣ баста мешаванд.

Таҳқиқот бартарихи калони усул ва дастгоҳи пешниҳодшударо ошкор намуд, ки онҳо ҷунинанд: баланд бардоштани этимоднокии муҳофизати намак аз шусташавӣ ва суффозия ба даст оварда мешавад; арзиши корҳо оид ба муҳофизати

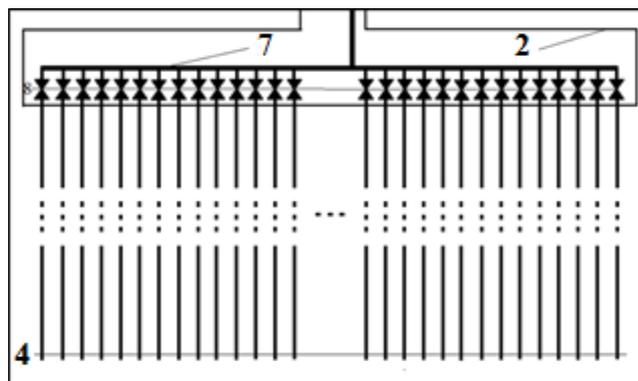
Муаллиф дар раванди таҳқиқот варианти (усул ва дастгоҳи) муҳофизати қабати намакро аз шусташавӣ дар таркиби комплекси муҳофизати намак, ки дар сатҳи ихтироъ эътироф шудааст, таҳия кардааст. Ин имкон медиҳад фишори обҳои ҷараёнӣ дар сарғаҳи қабати намак паст карда шавад, бо роҳи аз сарғаҳи қабати намак тавассути боздоштани чараёнҳои обҳои мусафҳои ҷараёнӣ дар минтақаи сарғаҳи намак ва паҳш кардани обҳои маъданнок ба баданҳои қабати намак таъмин карда шавад (расми 42).

Боздоштани обҳои мусафҳои ҷараёнӣ аз ҳисоби он ба амал бароварда мешавад, ки аз штолняи (2), ки дар байни қабати намак (3) ва пардаи зиддиҷараёнӣ 6 дар зерасоси сарбанди 1 ҷойгир шудааст, як қатор ҷоҳҳои 4 парма карда мешаванд, ки ба самти сарғаҳи қабати намак, болотар аз қабати сементатсионии муҳофизаткунанда 5 пурра ба дарозии минтақаи муҳофизатшаванда равона шудааст, ки ба таври сифонӣ обҳои мусафоро боздошт мекунад ва тавассути штолня ба воситаи системаи кубурҳои обпарто ба поёноби иншоот интиқол

қабат аз шусташавӣ дар давраи сохтмон ва истифодабарӣ кам мешавад; харочоти доимӣ ҳангоми истифодабарии иншоот бартараф карда мешавад; речай гидрогеохимиявӣ дар зерасоси ядроӣ сарбанд нигоҳ дошта мешавад ва ин бехатарии кори иншоотро таъмин мекунад.



Расми 42. - Системаи муҳофизати қабати намак (1 - сарбанд, 2 – нақби намак, 3 – қабати намак, 4 - қатори чоҳҳо барои боздошти обҳои мусафҳои болоишӣ, 5 - қабати муҳофизатии сементатсионӣ, 6 - пардаи зиддиполоишӣ)

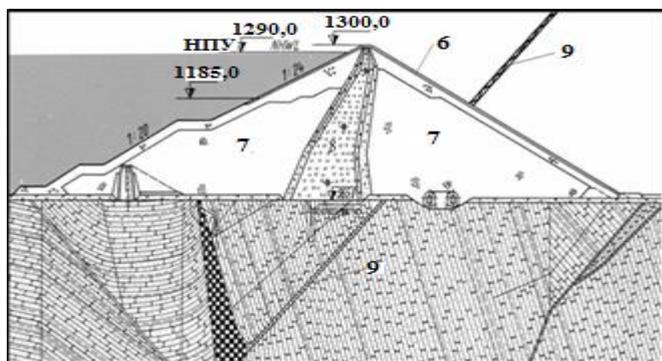


Расми 43. - Нақшаи ҷойгиршавии чоҳҳо дар штолняи намак (2-нақби намак, 4-қатори чоҳҳо барои боздошти обҳои мусафҳои болоишӣ, 7-системаи кубурҳои обпарто, 8-чумақҳои танзимкунанда)

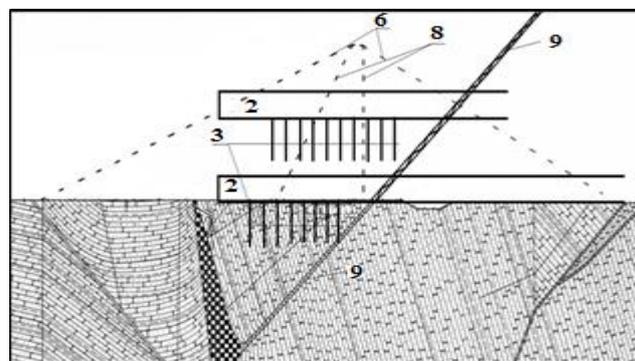
Аз сабаби он, ки шикасти рақами 35 аз зерасоси сарбанд аз ду тараф дар наздикии канори пушти сарбанд мегузарад ва обногузари нисбӣ дорад, чараёни болоишӣ метавонад боиси афзоиши фишори болоишӣ дар минтақае, ки сарбанд бо канораҳо ҳамшафат аст ва зиёд шудани сатҳи ҳамвории депрессионӣ дар баданаи сарбанд гардад.

Муаллиф нақшаеро дар мисоли сарбанди НБО-и Роғун барои ҳали масъалаи боздоштани чараёни болоишии паҳлӯӣ пешниҳод кардааст. Дар расми 44 қитъаи тӯлоии сарбанди 6 НБО-и Роғун нишон дода шудааст, ки аз призмаҳои тамбақунандаи 7 ва ядроӣ сарбанд 8 иборат аст. Аз паси ядроӣ сарбанд ба ду тарафи чап ва рост шикасти 9 (рақами 35) мегузарад, ки роҳҳои чараёнҳои болоиширо банд мекунад.

Бо мақсади пешгирии мутаммарказии обҳои болоишии паҳлӯӣ ба самти сарбанд, системаи боздоштани чараёни болоишии паҳлӯӣ сарбандҳои гилини баландфишор пешниҳод карда шудааст, ки нақшаи он дар расми 45 нишон дода шудааст. Ин вариант имкон медиҳад, ки фишори болоишӣ дар минтақае, ки сарбанд ба паҳлӯҳо наздик мешавад, паст карда шавад ва сатҳи депрессионӣ дар баданаи сарбанд поён фароварда шавад.



Расми 44. - Буриши қаддии сарбанди асосии НБО-и Роғун



Расми 45. - Ҷойгир кардани системаи боздошти обҳои болоишӣ дар сарбанди асосии НБО-и Роғун

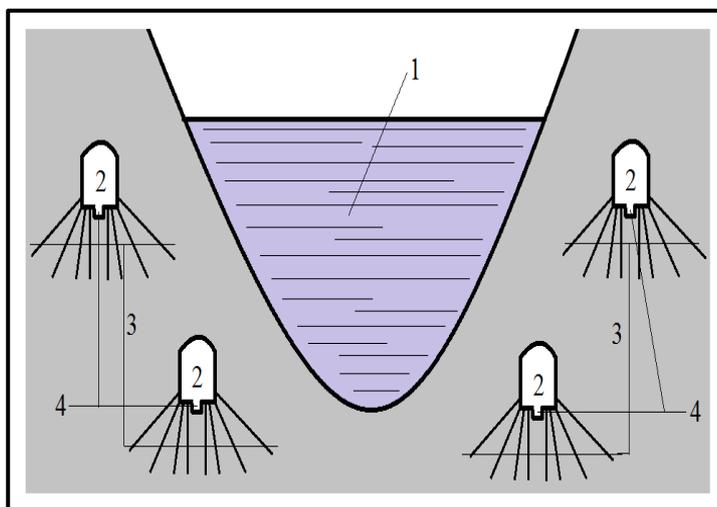
Вазифаи асосӣ дар шароити ҳозира аз муташаккилона боздоштани ҷараёни ҷаҳиши паҳлуии сарбандҳои гилини баландфишор, ки аз тарафи чап ва рост сарбанд ба ҷинсҳои кӯҳӣ мегузаранд, ба ҳавзи поён партофтани он ва паст кардани сатҳи ҳамвории депрессионӣ дар баданаи сарбандҳои гилини баландфишор иборат мебошад.

Моҳияти варианти пешниҳодшудаи ҳалли техникӣ аз боздоштани муташаккили ҷараёни ҷаҳиши паҳлуӣ тавассути системаи дренажӣ аз ду тарафи сарбанди гилини баландфишор то шикасти обногузар ва резиши об ба ҳавзи поён тавассути ҷӯйбор иборат буда, имкон медиҳад, ки фишори ҷаҳиширо дар минтақаи васлшавии сарбанд ва паҳлӯҳои сарбанд, сатҳи ҳамвории депрессиониро дар баданаи сарбанди гилини баландфишор паст кунад, инчунин устувории сейсмикии сарбанд афзун гардонида шавад.

Бурриши кундалангии система барои боздоштани ҷараёнҳои ҷаҳиши паҳлуии сарбанди гилини баландфишор дар расми 46 нишон дода шудааст, ки аз чор туннели дренажӣ бо қабатҳои оҳану бетони 2, ки аз паҳлӯҳои чап ва рост сарбанди гилини баландфишор дар ду сатҳ мегузарад иборат аст, ки аз ҷумла системаи ҷохҳои пармакардаи 3, барои боздошти сифонии обҳои ҷаҳиш ба ҷӯйбори 4 барои ба ҳавзи поёни иншоот рехтани обро дарбар мегирад.

Сохтани чор нақби дренажии 2 бо ноаи 4 аз тарафи ҳавзи поён ба ҳавзи боло дар ду сатҳ иҷро карда мешавад, ки аз баданаи ядроии сарбанди 1 хеле дуртар мегузарад ва барои ҷойгир кардани системаи ҷохҳои 3 имкон медиҳад. Дар ин ҷо ҷохҳо аз баданаи ядроии сарбанд 1 дуртар, ба тарафи болооб парма карда мешаванд.

Кори системаро махсусан таъкид намудан зарур аст, ки боздошти боэътимод ва муташаккилонаи сифонии обҳои ҷаҳиши паҳлуиро дар нақбҳои дренажии 2 тавассути ҷохҳои 3 таъмин карда, ба воситаи ҷӯйбори 4 ба ҳавзи поёни иншоот интиқол медиҳад.



Расми 46. - Бурриши кундалангии ҷойгиркунии нақби дренажӣ

Ҳаҷми оби боздошташуда аз рӯи миқдори ҷохҳо ва чуқурии онҳо дар нақби дренажӣ танзим карда шуда, ба дараҷаи пешбиникардаи стандартҳо ва лоиҳаи иншоот оварда мешавад.

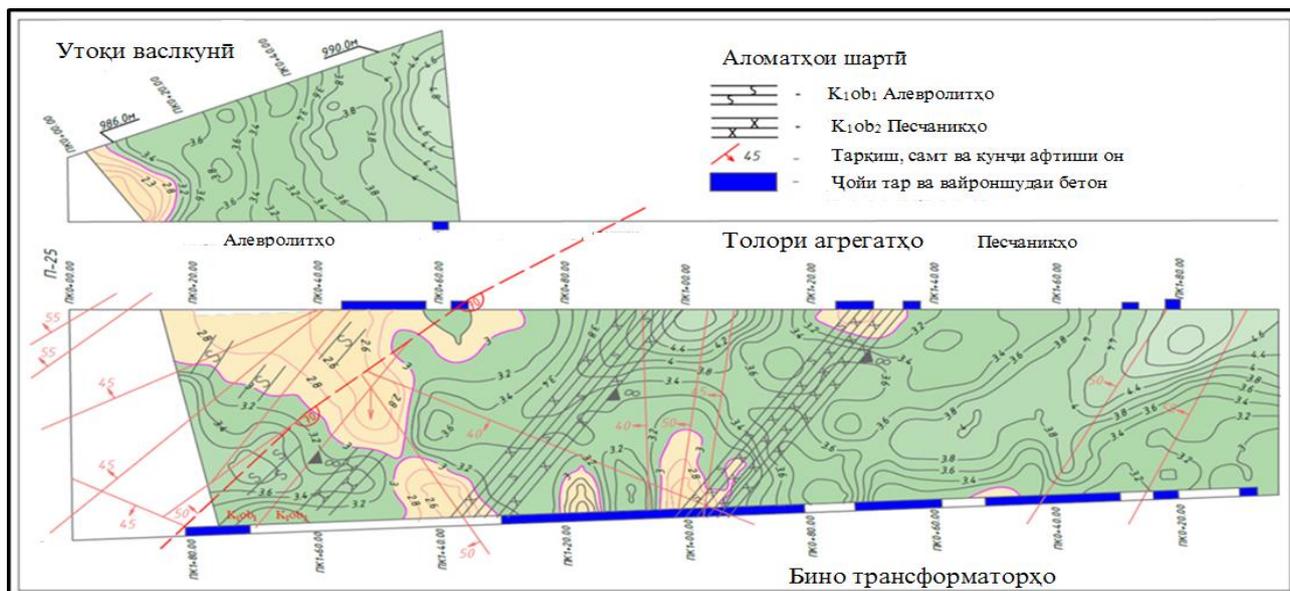
Барои тайёр кардани талабот оид ба иҷрои корҳои сементатсионӣ дар баданаи пардаи зиддиполоишӣ ва муайян кардани сифати зичӣ дар зерасоси сарбанд, дар бинои зеризаминии трансформаторҳо майдонҳои таҷрибавӣ интихоб карда шуданд.

Толори агрегатҳои НБО-и Роғун аз дарозии 21 м, баландии 70 м ва дарозии 220 м иборат мебошад

(расми 47). Дар баробари он дар масофаи 63 метр аз меҳварҳо бинои трансформаторҳо ҷойгир шудааст, ки бараш 19 м, баландии 37 м ва дарозии 182 м [8-А, 9-А] мебошад.

Тибқи тадбирҳо оид ба таҳкими сементатсияи мустаҳкамкунии массиви атрофи бинои трансформаторҳои (БТ) НБО-и Роғун дар майдони таҷрибавӣ, арзёбии сифати сементатсияи мустаҳкамкунии сангҳои **песчаникӣ** дар ҷохҳо таҳқиқотҳои геофизикӣ бо истифода аз усули каротажи сейсикӣ (КС) гузаронида

шуд. Дар ин майдон мувофиқи технологияи қабулшудаи корҳои сементатсионӣ ҷоҳои таҷрибавӣ ва санҷишию назоратӣ ба дарозии 25—35 метр ва диаметраш 105 миллиметр парма карда шуданд. Пармакунии ҳамаи ҷоҳо бо гирифтани намунаҳои керн бо диаметри 61 мм гузаронида шуд.



Расми 47. - Бурриш бо изохатҳои суръати мавҷҳои қаддӣ сутуни байни толори агрегатҳо ва бинои трансформаторҳо, толори агрегатҳо ва камераи васлқунӣ

Дар девори рӯй ба ҳавзи боло (ХБ) ва девори рӯй ба ҳавзи поёни (ХП) бинои трансформаторҳо дар минтақаи регсангӣ (K_{1ob2}) барои сементатсияи мустақкамкунӣ ду қитъа интихоб карда шуданд. Дар девори рӯй ба ҳавзи боло 5 ҷоҳ дар қитъаи ПК 1+21,60 ва дар девори рӯй ба ҳавзи поёни 4 ҷоҳ дар қитъаи ПК 1+21,60 парма карда шуданд. Корҳои сементатсионӣ дар ҳар як қитъа дар чанд марҳила сурат гирифта, аз моҳи апрел то июли соли 2015 таҳқиқотҳои геофизикӣ барои назорати сифати сементатсионӣ дар се марҳила гузаронида шуданд.

Нақшаи ҷойгиршавии ҷоҳои таҳқиқшуда дар расми 48 нишон дода шудааст.

Нақшаи мазкур нишон медиҳад, ки масофаи байни сарғаҳи ҷоҳои таҷрибавию назоратӣ дар ҳар ду майдон аз 1—2 метр зиёд нест, бинобар ин тахмин кардан мумкин аст, ки ҳамаи ҷоҳо дар ду блоки нисбатан якхелаи массиви таҳқиқшуда ҷойгиранд.

Таҳқиқотҳои амалӣ имкон медиҳанд, ки қонуниятҳои зерини объекти таҳқиқотӣ мавриди баррасӣ қарор дода шаванд:

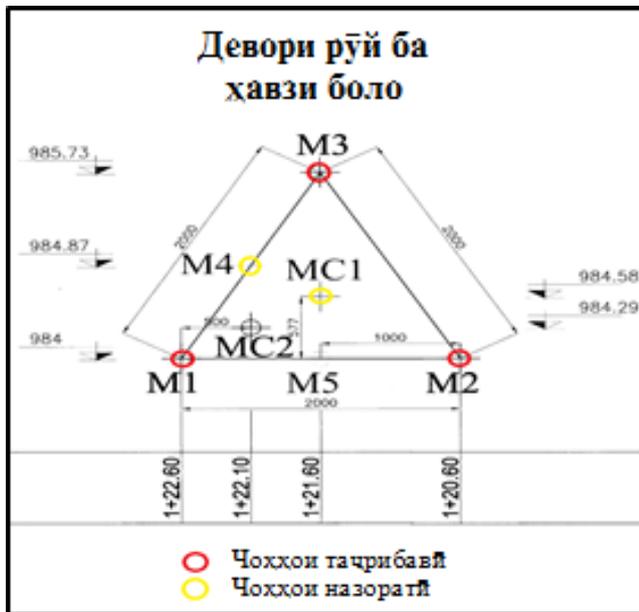
- дар қисми сарғаҳии ҷоҳ, дар минтақаи ёзишӯфта суръатҳо дар марҳилаи аввал хеле пастанд, ки эҳтимолан аз ҳисоби тарқишҳои мавҷуда бошад.

- пас аз давраи 1-уми сементатсионӣ суръатҳо зиёд шуда, қимматҳо баробар ба $V_p = 3,20$ км/с мегарданд, ки ин аз натиҷаи мусбати қори сементатсионӣ шаҳодат медиҳад.

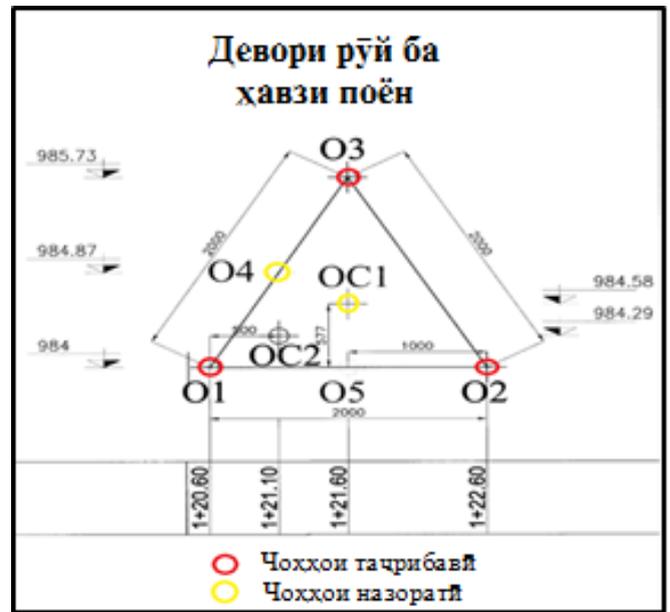
- пас аз давраи якуми сементатсионӣ, қиматҳои суръат то $V_p=3,65$ км/с, $V_s=2,05$ км/с зиёд мешаванд, ки ин аз муваффақияти қори сементатсионӣ шаҳодат медиҳад.

Таҳқиқотҳои ултрасадоӣ дар намунаҳои ҷоҳои М1, М2, М3, М4, МС1 (майдончаи таҷрибавии ПК 1+21,60 ХБ, пешаникҳо) ва О1, О2, О3, ОС1 (майдончаи таҷрибавии ПК 1+21,60 ХП, пешаникҳо) гузаронида шуданд.

Дар асоси натиҷаҳои коркард, қачхатаи кумулятивии тағйироти суръати мавҷҳои қаддӣ дар намунаҳои регсангҳо пеш ва баъд аз марҳилаи якуми сементатсионӣ сохта шудааст (расми 49).



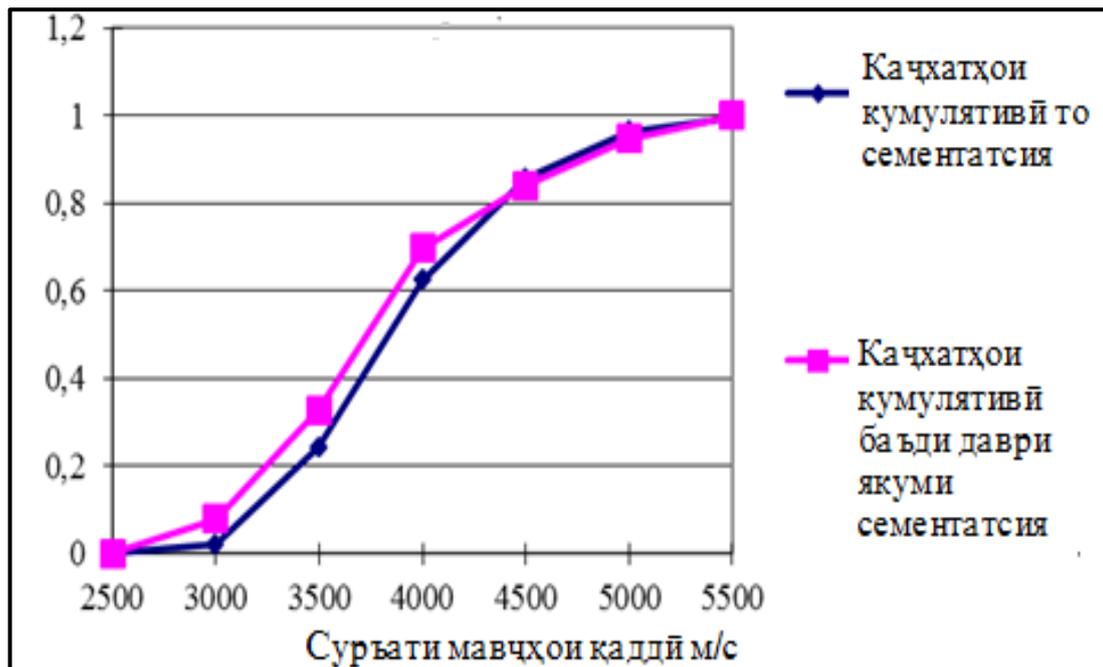
а)



б)

Расми 48. - Нақшаи ҷойгиршавии чоҳҳо дар майдонҳои таҷрибавӣ (минтақаи регсангҳо) дар бинои трансформаторҳои НБО-и Роғун, а) ПК 1+21,60 м, ХБ; б) ПК 1+21,60 м, ХП

Хулосаи таҳлили графикаи ба даст овардашуда чунин мебошад: суръати мавҷҳои қаддӣ дар намунаҳои регсангҳо баъди корҳои сементатсионӣ дар майдонҳои таҷрибавӣ амалан тағйир наёфтааст.



Расми 49. - Қаҷхатаи кумулятивии суръатҳои мавҷҳои қаддӣ дар намунаҳо пеш ва баъд аз сементатсияи мустаҳкамкунии массиви регсангҳо

Натиҷаҳои каротажи сейсмикӣ нишон медиҳанд, ки барои чинҳои дорони суръати ибтидоии қаддӣ (V_0) камтар аз 3,50 км/с, таъсири сементатсия ба таври назаррас беҳтар аст. Гузашта аз ин, ҳар чӣ қадаре, ки суръати ибтидоии пасттар бошад, яъне чӣ қадаре, ки тарқишҳо зиёд бошанд, таъсири сементатсия ҳамон қадар зиёд мешавад. Агар суръати ибтидоӣ аз ин қимат баландтар бошад, он гоҳ таъсир сементатсия сифр ё манфӣ аст.

Ҳангоми ҷамъбасти натиҷаҳои таҳқиқотҳои геофизикӣ маълум шуд, ки барои ҷинсҳои дорои суръати баланди ибтидоӣ қаддӣ қиматҳои манфии таъсири сементатсия ба даст омадаанд, ки бо технологияи татбиқшавандаи сементатсия тарқишҳои хурд кушода мешаванд ва таъсири кафидагиҳои гидравликии локалӣ ба амал меояд. Барои ҷинсҳои, ки суръати ибтидоии қаддӣ (V_0) камтар аз 3,50 км/с аст, таъсири сементатсия ба таври назаррас беҳтар аст. Суръати пасти ин намуди ҷинсҳо одатан аз мавҷудияти тарқишҳо ба амал меояд. Гузашта аз ин, ҳар чӣ қадаре, ки суръати ибтидоии пасттар бошад, яъне чӣ қадаре, ки тарқишҳо зиёд бошанд, таъсири сементатсия ҳамон қадар зиёд мешавад. Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки дар ҳолати яқум сементатсияи пуркунии минтақаҳои тарқишдор ба амал меояд ва дар мавриди дуҷум тарқишҳои хурд кушода шуда, таъсири кафидани гидравликӣ ба амал меояд.

Бо мақсади таъмин намудани устувории иншооти гидротехникии баландро дар ҳолати тақсоншудаи сементатсияшавандаи зерасос (аргиллитҳо ва **песчаникҳо**) ба вуҷуд овардани экранҳои зиддиполоишӣ зичиаш баланд дар назар гирифта мешавад. Дар вақти сохтани экран дар баробари маҳлулҳои суспензияи сементи маҳлулҳои химиявии гелҳосилкунанда истифода мешавад, ки онро озмоишгоҳи проблемавии факултети геологияи Университети давлатии Москва кор карда баромадааст.

Ҳамин тавр, зарурати ҳозираи таъмини эътимоднокии иншооти гидротехникии дар шароити азхудкунии ҷинсҳои маҳлулшаванда сохтани интихоби оптималии соҳаҳои муҳимтарини таҳқиқот ва мониторинги параметрҳои асосии зерасоси иншоот, эътимоднокии пардаҳои зиддиполоишӣ, аз он ҷумла самаранокии кори комплекси иншооти гидротехникиро талаб мекунад.

ХУЛОСА

Натиҷаҳои асосии илмӣ рисола

1. Дар рушди минбаъдаи назария ва усулҳои идоракунии речаи ҷилоишӣ дар зерасоси маҳлулшавандаи сарбандҳои баландро саҳм гузошта шуд. Асоси концептуалии тақдир додани усулҳои мониторинг бо таҳияи нишондиҳандаи меъёри арзёбии таъҷилии самаранокии ҷораҳои зиддиполоишӣ ва зиддисуффозионӣ ва ташаккули тадбирҳо оид ба таъмини беҳатарии зерасоси сарбанд мурағаб гардидаи шуд [63-М].

2. Бори амсилаи математикӣ барои ҷустуҷӯи оптималии минтақаҳои пайдоиши роҳҳои мутаммаркази ҷилоишӣ ва муайян кардани коэффитсиенти ҷилоиш бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ ва масса сохта шуда, асбоби баландро дуқаналаи геотермометр-гармисанҷ бо саҳеҳияти баланд таҳия ва сохта шудааст [18 -М, 19-М, 68-М, 69-М, 71-М].

3. Амсилаи математикии кондуктометри трансформаторӣ, усул ва асбоби кондуктометрии ҷенкунии электрогузаронии обҳои зерзаминии маъданнок дар шабакаи пезометрӣ дар ҳудуди аз 0,2 то 300 г/л, ки дар он вазифаи имконияти калибровкаи автомати дастгоҳ бе истифодаи таҷҳизотҳои мураккаб пешбинӣ шудааст [3-М, 4-М, 6-М, 7-М, 14-М, 15-, 30-А, 32-М, 35 -М, 50-М, 54-М, 58-М, 64-М, 70-М, 73-М].

4. Ҳодисаи физикии қаблан номаълуми пайдоиши пардаи гарминогузар ба таври таҷрибавӣ муқаррар карда шуд, ки қишри заминро ба минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб (қисми наздики сатҳи қишри замин) ва минтақаи ҷамъшавии ҷараёни гармии аз қаъри Замин омадаистода тақсим мекунад, ки бо шиддати шуълопошии офтобӣ, суръат ва ҳаҷми ҷараёни об дар маҷро, суръати шамоли

рӯизаминӣ, гармигунҷоиши миёнаи обҳои зеризаминӣ ва ҷараёни муқобили гармӣ аз ядрои Замин муайян карда мешавад. Муқаррар карда шудааст, ки баробари ба сатҳи Замин наздик шудани пардаи гарминогузар ҳаҷми минтақаи ҷамъшавии энергияи офтоб кам шуда, боиси гармшавии аномалии қисми наздики сатҳи қишри замин мегардад. Омили муайяншуда яке аз сабабҳои асосии таназзули пиряхҳо, бухоршавии об, хушксолӣ ва зиёд шудани майдони сӯхтор дар ҷангал мебошад [26-М, 29-М, 46-М].

5. Усул ва низоми назорати тағйирёбии речаи гармии қишри замин бо истифода аз ҷенкунии ҳарорат дар қисми наздики сатҳи қишри Замин пеш аз пардаи гарминогузар ва чуқуртар паси пардаи гарминогузар таҳия карда шудааст. Муодилаи эмпирикии ҳолати майдони гармӣ пешниҳод шудааст, ки он имкон медиҳад тағйироти тақсимои ҳарорат ба самти қаъри қишри замин муайян карда шавад, инчунин барои таҳқиқи гармшавии рӯзона ва тобистонаи қисми наздики сатҳи қишри Замин аз шӯбопошии офтоб ва шабонаю зимистон интиқоли гармӣ ба атмосфера, тартиб додани тавозуни солонаи ҷамъшавии гармӣ дар қишри Замин ва интиқоли гармӣ ба атмосфера хизмат кунад [26-М, 29-М, 46-М].

6. Дар асоси назарияи интиқоли гармӣ ва масса усули муайян кардани коэффитсиенти ҷолоишӣ дар зерасоси сарбанд бо назардошти тағйирёбии ҳолати гармии замин таҳия карда шудааст. Усули таҳияшуда ва муодилаи ҳосилшудаи коэффитсиенти ҷолоишӣ (ҳаммонанди қонуни Дарсӣ) имкон медиҳад, ки суръати ҷолоиш дар зерасоси сарбанд дар ҷинсҳои сангии тарқишдор бо ҳаракати оби ҷолоишшуда, ки хусусияти турбулентӣ гирифтааст, муайян карда шавад [20-М, 22-М, 25-М, 26-М, 27-М, 29-М, 43-М, 44-М, 81-М].

7. Ҳодисаи физикии қаблан номаълуми мусаффошавӣ ва шӯршавии обҳои маъданнокӣ зеризаминӣ дар зери таъсири фишори гидростатикӣ муқаррар карда шудааст. Ҳодисаи физикии қаблан номаълуми пайдоиши пардаи гидрофишори осмотикӣ дар байни обҳои паст ва хеле баланд маъданнокшуда муқаррар карда шудааст, ки ҳангоми расидан ба ҳолати мувозинат байни фишори гидростатикӣ ва осмотикӣ пардаи гидрофишори осмотикӣ пайдо мешавад, ки дар он интиқоли массаи молекулаи об ба ҳар ду самт қатъ мегардад [21-М, 23-М, 24-М, 45-М, 82-М].

8. Усул ва дастгоҳи боздошти сифонии ҷараёнҳои мусаффоӣ ҷолоиш ва ба ҳавзи поёнии иншоот партофтани онҳо пешниҳод шудааст, ки он имкон медиҳад фишори нобаробари обҳои ҷолоишӣ байни ҷоҳҳои ба самти сарғаҳи намак пармашуда ва пардаи зиддиҷолоишӣ барои тамоми дарозии минтақаи муҳофизатшаванда, фишори обҳои маъданнок ба баданҳои қабати намак идора ва таъмин карда шавад, ки ҳамзамон шусташавӣ ва суффозияи сарғаҳи қабати намакро паст мекунад [28-М, 37-М, 38-М, 42-М, 78-М, 79-М].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо ва дурнамои рушди минбаъдаи самти пешниҳодшудаи илмӣ

1. Дастгоҳи баландҳассоси дуқаналаи геотермометр-гармисанҷ, ки муаллиф бо саҳеҳияти 0,0010С коркард намудааст, имкон медиҳад, ки тағйирёбии ҳарорат ҷен карда шуда, пайдоиши роҳҳои мутамаркази ҷолоишӣ муайян карда шуда, коэффитсиенти он бо истифода аз назарияи интиқоли гармӣ ва масса муайян карда шавад [18-М, 19-М, 68-М, 69-М, 71-М].

2. Амсилаи математикии кондуктометри трансформаторӣ, усули кондуктометрӣ ва таҷҳизот барои ҷен кардани электрогузаронии обҳои маъданнокӣ зеризаминӣ дар шабақаи пезометрӣ таҳия карда шудааст, ки он ҳамчун асос барои мушоҳидаи тағйирёбии речаи гидрогеохимиявӣ дар зерасоси сарбанд дар ҷинсҳои маҳлулшаванда тавсия дода мешавад [3-М, 4-М, 6-М, 7-М, 14-М, 15-М, 30-М, 32-М, 35-М, 50-М, 54-М, 58-М, 64-М, 70-М, 73-М].

3. Амсилаи математикии пешниҳодшудаи кондуктометри трансформаторӣ барои лоиҳакашии кондуктометрҳо барои таъиноти гуногун тавсия карда мешавад [3-М, 4-М, 6-М, 7-М, 14-М, 15-М, 30-М, 32-М, 35-М, 50-М, 54-М, 58-М, 64-М, 70-М, 73-М].

4. Муодилаҳои эмперикии бадастомада оид ба қонуниятҳои тақсимоии миёнаи солонаи ҳарорат дар зерасоси сарбанди НБО-и Роғун ва қонуниятҳои тақсимоии минтақавии ҳарорат дар қишри замини ҳудуди Тоҷикистон барои муайян кардани зинаи геотермии Замин, ҳамчун нишондиҳандаи гармии зиёдатӣ тавсия карда мешаванд [20-М, 22-М, 27-М, 43-М, 44-М, 81-М].

5. Усул ва низоми таҳияшудаи мониторинги тағйирёбии речаи гармии қишри замин барои муайянкунии ҷойгиршавии пардаи гарминогузар ва минтақаи ҷамъшавии энергияи офтобӣ тавсия дода мешавад, ки ин имкон медиҳад гармшавии рӯзона ва тобистонаи минтақаҳои наздик ба қисми рӯизаминии қишри замин бо шӯлопошиҳои офтобӣ ва интиқоли гармии шабонаю зимистона ба атмосфера таҳқиқ карда шавад, ки аз рӯи он метавон тавозуни солонаи ҷамъшавии гармиро дар қабати замин ва интиқоли гармиро ба атмосфера мурағаб созем [26-М, 29-М, 46-М].

6. Дар асоси усули таҳияшуда ва муодилаи ҳосилшудаи коэффитсиенти ҷамъшавӣ, (ҳаммонандии қонуни Дарси) тавсия дода мешавад, ки барои муайян кардани суръати ҷамъшавӣ дар зерасоси сарбанд дар ҷинсҳои сангии тарқишдошта ҳамчун асос гирифта шавад [20-М, 22-М, 27-М, 43-М, 44-М, 81-М].

7. Ҳодисаи муқарраршудаи физикии қаблан номаълуми мусаффошавӣ ва шӯршавии обҳои маъданнокӣ зеризаминӣ дар зери таъсири фишори гидростатикӣ ва пайдо шудани пардаи фишори гидравликӣ-осмотикӣ дар байни обҳои паст ва хеле баланд маъданнокшуда имкон медиҳад, ки дар марҳилаи тарҳрезӣ ва истифодабарӣ қарори дурусти техникии муҳофизатии ҷинсҳои зерасоси сарбанд аз шусташавӣ қабул карда шавад [21-М, 23-М, 24-М, 45-М, 82-М].

8. Барои муҳофизат намудани қабати намак аз шусташавӣ тавсия дода мешавад, ки дастгоҳи идорашавандаи зиддисуффозионӣ, ки муаллиф пешниҳод кардааст, истифода бурда шавад [28-М, 37-М, 38-М, 42-М, 78-М, 79-М].

9. Барои паст кардани фишори ҷамъшавӣ дар минтақае, ки сарбанд ба паҳлӯҳои он пайваст мешавад, инчунин барои кам кардани сатҳи ҳамвории депрессионӣ дар бадаанаи сарбанди гилини баландфишор тавсия дода мешавад, ки дастгоҳи идорашавандаи боздошти ҷараёни ҷамъшавӣ паҳлуӣ истифода шавад [28-М, 37-М, 38-М, 42-М, 78-М, 79-М].

РУЙҲАТИ АДАБИЁТҲО

1. Воронкевич С.Д., Евдокимова Л.А., Ларионова Н.А., Сергеев В.И., Емельянов С.Н. Опыт применения инъекционного раствора на основе эпоксидной смолы для уплотнения скальных осадочных пород в районе створа Рогунской ГЭС. Гидротехническое строительство, 1981, №10, С. 15 – 17.
2. Адамович А.Н. Закрепление грунтов и противофильтрационные завесы в гидротехническом строительстве. М., Энергия, 1980, 320 с.
3. Малышев Л.И. Эффективность цементационных завес и дренажей в основаниях гидротехнических сооружений. В кн.: Труды Гидропроекта, вып. 94, 1984, С. 84 – 101.
4. Зернов Г.В., Бучацкий Г.В. О критерии эффективности укрепления трещиноватых скальных пород цементацией. В кн.: Проектирование и создание противофильтрационных устройств в основании высоких плотин. М., Изд. лит – ры по строительству, 1972, С. 223 – 228.
5. Недрига В.П. Гидротехнические сооружения. М., 1983, 315 с.

6. Парабучев И.А., Молоков Л.А. Изучение взаимодействия гидротехнических сооружений с геологической средой и направления дальнейших исследований. Инженерная геология, 1984, №3, С. 79 – 86.
7. Молоков Л.А., Парабучев И.А. Некоторые итоги изучения области взаимодействия гидротехнических сооружений и геологической среды. Гидротехническое строительство, 1984, №2, С. 7 – 10.
8. Трупаков Н.Г. Цементация трещиноватых пород в горном деле. М., Недра, 1966, 268 с.
9. Ржаницын Б.А. Тампонажные растворы для создания противодиффузионных завес. В кн.: Матер. к пятому совещ. по закреплению и уплотнению грунтов. Новосибирск, 1966, с. 470 – 474.
10. Сергеев В.И., Емельянов С.Н. Некоторые особенности закрепления скальных грунтов основания Камской ГЭС. Инженерная геология, 1980, №1, С. 113 – 117.
11. Соколович В.Е. Химическое закрепление грунтов. М., Стройиздат, 1980, 119 с.
12. Houlsby A.C. Cement Grouting For Dams. Grouting in Geotechnical Engineering, New York., 1982, pp. 1-33.
13. Caron C., Herbst Th., Cattin P. Injections. “Foundation Engineering Handbook”, London, 1976, pp. 337-352.
14. Камбефор А. Инъекция грунтов. М., Мир, 1971, 333 с.
15. Вернадский В.И. О классификации и химическом составе природных вод // Природа. 1929. № 9. -С. 735-758.
16. Алекин О. А., Воронков П.П. К вопросу о химической классификации природных вод // Вопросы гидрохимии, Тр. НИУ ГУГМС. Сер. 4 Вып. 32, 1948. С. 25-39.
17. Альтовский М. Е. К вопросу о формировании химического состава подземных вод // в кн.: Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, № 13. М., Госгеолтехиздат, 1950. –С. 23-29.
18. Валяшко М. Г. Основные химические типы природных вод и условия их образования. - ДАН, 1955, т. 102, № 2. С. 315-318.
19. Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967. -215 с.
20. Зверев В. П. и др. Миграция химических элементов в подземных водах СССР: закономерности и количественная оценка. М., «Наука», 1974. -236 с.
21. Крайнов С. Р., Швец В. М. Основы геохимии подземных вод. — М.: Недра, 1980.— 285 с.
22. Овчинников А. М. Гидрогеохимия. М.: Недра, 1970. - 200 с.
23. Питьева К. Е. Основы региональной геохимии подземных вод. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. -213 с.
24. Самарина В. С. Формирование химического состава подземных вод (на примере Прикаспийской низменности). Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1963. -117 с.
25. Швец В. М. Органические вещества подземных вод. М.: Недра, 1973. -192 с.
26. Максимович, Г. А. Основы карстоведения / Г. А. Максимович. - Пермь : Изд-во ПГУ. - Т. 1, 1963. - 444 с.

НАТИҶАҶОИ АСОСИИ РИСОЛА ДАР ИНТИШОРОТИ ЗЕРИН ИФОДА ЁФТААНД:

Мақолаҳои дар наирияхои тавсиягардидаи ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон.

[1-М]. Давлатшоев С.К. Исследование водопроницаемости породы в участке солевого пласта в основание плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Известия Академии наук РТ, Отделение физико – математических,

химических, геологических и технических наук. – Душанбе, 2008. №1(130). -С.58-64. – ISSN 0002-3485.

[2-М]. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимические особенности зоны солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Вестник Технического университета . – Душанбе, 2008. №3. –С. 9-11. – ISSN 2075-177X.

[3-М]. Давлатшоев С.К. Математическая модель функционирования кондуктометра «Кальмар» [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – Душанбе: "Сино", №1/2, 2017. -С. 83 – 86. – ISSN 2413-452X.

[4-М]. Давлатшоев С.К. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Вестник технологического университета. -Казань, Т. 20, №18, 2017. - С.45-51. - ISSN 1998-7072.

[5-М]. Давлатшоев С.К. Оценка взаимодействия фильтрационного потока на гидрогеохимический режим основания плотины кондуктометрическим методом [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Таджикского национального Университета. Серия естественных наук. – Душанбе: "Сино", №1/3, 2017. -С. 129 – 134. – ISSN 2413-452X.

[6-М]. Давлатшоев С.К. Математическое моделирование трансформаторного кондуктометра для мониторинга основания Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (41). С. 3-9. – ISSN 2413-452X.

[7-М]. Давлатшоев С.К. Метрологические характеристики трансформаторного кондуктометра и реализация технических средств мониторинга основания Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (41). С. 10-14. – ISSN 2079-7001.

[8-М]. Давлатшоев С.К. Контроль качества цементационных работ вмещающего массива в опытном участке методом сейсмического каротажа [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительства, №2, 2020., -С. 52 - 56. – ISSN 0016-9714.

[9-М]. Давлатшоев С.К. Исследование качества цементационных работ вмещающего массива подземных сооружений ультразвуковым методом [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительства, №4, 2020. -С. 2 - 7. – ISSN 0016-9714.

[10-М]. Davlatshoev S. K. Quality control of cementation operation performed in country massif in a test section by seismic well logging [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 54, No. 2, July, 2020. Pp. 199-203. <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01191-1>.

[11-М]. Davlatshoev S. K. Ultrasound study of the quality of consolidation grouting works retaining rocks in underground structures logging [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 54, No. 3, September, 2020. Pp. 332-336. <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01211-0>.

[12-М]. Давлатшоев С.К. Оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников в условиях растягивающих напряжений [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительство, №12, 2021. –С. 15-20. – ISSN 0016-9714.

[13-М]. Давлатшоев С.К. Влияние объёмного нагружения скальных пород подземного помещения на процесс релаксации самонапряжённого состояния алевролитового массива [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительство, №1, 2022. –С. 6-12. – ISSN 0016-9714.

- [14-M]. Davlatshoev S. K. Monitoring of the water-soluble base of the dam. Part 1. Investigation of hydro-and geochemical regime of the hydroelectric dam base [Text] / S.A. Garelina, S.K. Davlatshoev, K.P. Latyshenko // Мониторинг. Науки и технологии. 2022. № 1 (51). – С. 21 – 26. – ISSN 2076-7358.
- [15-M]. Davlatshoev S. K. Monitoring of the water-soluble base of the dam. Part 2. Water-soluble monitoring system the base of the rogun hydroelectric power station dam [Text] / S.A. Garelina, S.K. Davlatshoev, K.P. Latyshenko // Мониторинг. Науки и технологии. 2022. № 1 (51). – С. 27 – 33. – ISSN 2076-7358.
- [16-M]. Davlatshoev S. K. Evaluation of the quality of strengthening cementation of an enclosing sandstone massif under tensile stresses [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 1, May, 2022. Pp. 46-51. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01469-10>.
- [17-M]. Davlatshoev S. K. Influence of volumetric loading of rocks surrounding underground chambers on the relaxation of self-stressed aleurolite massif [Electronic resource] / S. K. Davlatshoev // Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 2, July, 2022. Pp. 157-163. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01488-x>.
- [18-M]. Давлатшоев С.К. Измерения теплового потока в пьезометрических скважинах [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, 2/4 (105), 2022. – С. 38-43. – ISSN 2663-5534.
- [19-M]. Давлатшоев С.К. Определение метрологических характеристик термометром-тепломером [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, № 2/1 (108), 2023. – С. 77-81. – ISSN 2663-5534.
- [20-M]. Давлатшоев С.К. Усули назорати чараёни полоиш дар асоси сарбанд [Матн] / С.К. Давлатшоев, Ш.А. Шамсуллоев, С.Т. Тоирзода, Б.М. Мирзоева // Паёми донишгоҳи технологии Тоҷикистон, № 2(53), -Душанбе: ДТТ, 2023. –С. 15-25. – ISSN 2707-8000.
- [21-M]. Давлатшоев С.К. Давлатшоев С.К. Исследование формирования и изменения состава подземных вод [Текст] / С.К. Давлатшоев // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, № 2/2 (111), 2023. – С. 57-64. – ISSN 2663-5534.
- [22-M]. Давлатшоев С.К. Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, Ш.А. Шамсуллоев, С.Т. Тоирзода, Б.М. Мирзоева, С.Х. Чакалов // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(2). –С. 73-82. – ISSN 2789-0953.
- [23-M]. Давлатшоев С.К. Исследование условий образования геохимических барьеров и других видов завес [Текст] / С.К. Давлатшоев // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(2). –С. 138-146. – ISSN 2789-0953.
- [24-M]. Давлатшоев С.К. Влияние гидростатического давления на изменение степени минерализации подземных вод [Текст] / С.К. Давлатшоев // Известия ТулГУ. Наука о Земле. –Тула: ТулГУ, №3, 2023. -С. 403-414. - ISSN 2218-5194.
- [25-M]. Давлатшоев С.К. Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / С.К. Давлатшоев, С.Т. Тоирзода, Ш.А. Шамсуллоев, Б.М. Мирзоева, С.Х. Чакалов // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(3). –С. 67-73. – ISSN 2789-0953.
- [26-M]. Давлатшоев С.К. Метод и система контроля изменения теплового режима земной коры [Текст] / С.К. Давлатшоев, А.Р. Фазылов // Журнал «Водные ресурсы,

энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(3). –С. 185-193. – ISSN 2789-0953.

[27-М]. **Давлатшоев С.К.** Метод определения коэффициента фильтрации по изменению теплового состояния основания плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев // Гидротехническое строительство, №11, 2023. –С. 7-15. – ISSN 0016-9714.

[28-М]. **Давлатшоев С.К.** Управляемые противосуффозионные устройства по защите солевого пласта в основании плотины на растворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, А.Р. Фазылов // Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(4). –С. 114-122. – ISSN 2789-0953.

[29-М]. **Давлатшоев С.К.** Мониторинг и контроль изменения теплового поля земной коры и расположения геотепловой завесы [Текст] / С.К. Давлатшоев, А.Р. Фазылов // Известия ТулГУ. Наука о Земле. –Тула: ТулГУ, №2, 2024. -С. 70-80. - ISSN 2218-5194.

Монографияҳо.

[30-М]. **Давлатшоев С.К.** Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров –Душанбе: Ирфон., 2017. 236 с.

[31-М]. **Давлатшоев С.К.** Кондуктометр для измерения степени минерализации подземных вод в наблюдательных пьезометрических сетях [Текст] / С.К. Давлатшоев. - Рига, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. 130 с.

[32-М]. **Давлатшоев С.К.** Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 1. На примере Рогунской ГЭС на реке Вахш [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 160 с.

[33-М]. **Давлатшоев С.К.** Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 2. На примере водохранилища Нурекской ГЭС на реке Вахш [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко, Ш.К. Обиджони, Н.К. Курбонов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 192 с.

[34-М]. **Давлатшоев С.К.** Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 3. На примере сооружений Нурекского гидроузла на реке Вахш [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко, Ф.Ш. Бобохонов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 168 с.

Патентҳо.

[35-М]. **Давлатшоев С.К.** Устройства для кондуктометрических измерений [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, М.А. Зарипова, Д.И. Бобошеров, М.С. Мухамадиев // Малый патент РТ № ТЈ 80, № 0700102, заявл. 10.04.2007; опубл. 31.08.2007; Бюл. №47, 2007. -6 с.

[36-М]. **Давлатшоев С.К.** Скважинный сейсмический прибор [Текст] / С.К. Давлатшоев, Г.К. Хайридинов, Ш.С. Кодиров, К.С. Давлатшоев, С.С. Каноатшоев // Малый патент РТ №ТЈ 708, № 1500927, заявл. 16.03.2015; опубл. 07.08.2015; Бюл. №108, 2015. -3 с.

[37-М]. **Давлатшоев С.К.** Система перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных каменно-земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода // Малый патент РТ № ТЈ 1149, МПК Е 02 В 3/16; Е 02 В 7/06. № 2001473, завл. 20.10.2020; опубл. 14.04.2021; Бюл. №170, 2021. -3 с.

[38-М]. **Давлатшоев С.К.** Способ перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода // Малый патент РТ № ТЈ 1161, МПК Е 02 В 3/16; Е 02 В 7/06. № 2001472, завл. 20.10.2020; опубл. 26.05.2021; Бюл. №171, 2021. -4 с.

[39-М]. **Давлатшоев С.К.** Способ защиты основания гидротехнического сооружения от разрушения [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров //

Малый патент РТ № ТЈ 1214, МПК Е 02 D 27/40; Е 02 В 3/16. № 2001450, завл. 14.07.2020; опубл. 29.11.2021; Бюл. №178, 2021. -3 с.

[40-М]. Давлатшоев С.К. Устройство для защиты основания гидротехнического сооружения от разрушения [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Малый патент РТ № ТЈ 1213, МПК Е 02 D 27/40; Е 02 В 3/16. № 2001449, завл. 14.07.2020; опубл. 29.11.2021; Бюл. №178, 2021. -3 с.

[41-М]. Давлатшоев С.К. Способ защиты основания гидротехнического сооружения от разрушения [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Евразийский патент №041213 МПК Е 02 В 3/16. №202100215, заявл. 09.07.2021; опубл. 27.09.2022; -4 с.

[42-М]. Давлатшоев С.К. Способ перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев, О.Х. Амирзода // Евразийский патент №042546 МПК Е 02 В 11/00, Е 02 В 7/06. №202100214, заявл. 09.07.2021; опубл. 27.02.2023; -4 с.

[43-А]. Давлатшоев С.К. Способ и устройство для определения коэффициента фильтрации в основании плотины / С.К. Давлатшоев, Ш.А. Шамсуллоев, Б.М. Мирзоева, С.Т. Тоирзода, С.Х. Чакалов // Евразийский патент №048700 МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24, E02 D 7/00. №202392857, заявл. 12.10.2023; опубл. 26.12.2024; -4 с.

[44-М]. Давлатшоев С.К. Способ и устройство для определения скорости водного потока в туннелях [Текст] / С.К. Давлатшоев, С.Т. Тоирзода, Б.М. Мирзоева, Ш.А. Шамсуллоев, С.Х. Чакалов // Малый патент РТ № ТЈ1407, МПК G 01 P 5/18, E 21 В 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. -4 с.

[45-М]. Давлатшоев С.К. Способ определения глубины опреснения подземных минерализованных вод и завес между водными растворами разной плотности [Текст] / С.К. Давлатшоев // Малый патент РТ № ТЈ 1414, МПК В 01 D 61/00, G 01 N 9/00 G 01 N 13/00. № 2301832, завл. 05.05.2023; опубл. 31.07.2023; Бюл. №197, 2023. -7 с.

[46-А]. Давлатшоев С.К. Способ определения расположения геотепловой завесы в земной коре / Давлатшоев С.К., Фазылов А.Р., Мирзоева Б.М., Хушмахмади С., Фазылов В.А. // Евразийский патент № 050392 МПК G 01 V 9/00, E21 В 47/07. №202491705, заявл. 18.07.2024; опубл. 30.05.2025; -7 с.

Мақолаҳо дар маводҳои конференсияҳо.

[47-М]. Давлатшоев С.К. Исследование гидрогеохимической обстановки в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы десятой Междунар. теплофиз. «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий». –Душанбе: ООО «Хочи-Хасан», 2016. -С. 317-320.

[48-М]. Давлатшоев С.К. Исследование взаимодействия фильтрационного потока с подземными водами и соленосными породами [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы Респуб. Науч. – практ. конфер. "Современные проблемы естественных наук". –Душанбе: Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. - С. 103 – 106.

[49-М]. Давлатшоев С.К. Измерения концентрации минерализованных жидкостей кондуктометрическим способом [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. "Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах", Махачкала, 2017. -С. 281 - 283.

[50-М]. Давлатшоев С.К. Кондуктометр для контроля гидрогеохимического режима основания плотины [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // XXVIII Межд. н.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России. – 2018. – С. 24 – 27.

- [51-М]. Давлатшоев С.К. Система мониторинга защиты пласта соли основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // XXVIII Межд. н.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России. – 2018. – С. 28 – 30.
- [52-М]. Давлатшоев С.К. Исследование отжатия подземных минерализованных вод кондуктометрическим методом [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы развития современной науки, техники и технологий». – Самара: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2018. - С. 14 - 17.
- [53-М]. Давлатшоев С.К. Анализ рисков сооружения Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник тезисов и докладов IX Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2018, -С. 234 – 237.
- [54-М]. Давлатшоев С.К. Математическая модель трансформаторного кондуктометра при измерении напряжения [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // IX Всеросс. н.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 132 – 135.
- [55-М]. Давлатшоев С.К. Система защиты солевого пласта плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // IX Всеросс. н.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 135 – 138.
- [56-М]. Давлатшоев С.К. Система мониторинга защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 2018. С. 25-27.
- [57-М]. Давлатшоев С.К. Способ и устройства для геохимического мониторинга оснований плотины на водорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы VIII Всерос. Науч.-практ. конф. с междунар. участием «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы» с международным участием. Рубцовск. -2018, Ч. 2. – С.370-376.
- [58-М]. Давлатшоев С.К. Разработка канала измерения температуры двухканального скважинного кондуктометра [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // VII межд. н.-практ. конф. «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны», 15 марта 2019 г. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК. – 2019. – С. 59 – 61.
- [59-М]. Давлатшоев С.К. Система мониторинга и защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник трудов секции № 16 XXIX Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2019. – С. 19 – 23.
- [60-М]. Давлатшоев С.К. Контроль гидрогеохимического режима в основании плотины на водорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах». Махачкала, 2019. - С.410-413.
- [61-М]. Давлатшоев С.К. Оценка изменения температурного поля во времени в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах». Махачкала, 2019. - С.414-416.
- [62-М]. Давлатшоев С.К. Оценка изменения минерализации во времени в основании плотины на водорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М.

Сафаров // Сборник трудов междунар. конф. «Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах». Махачкала, 2019. - С.417-419.

[63-М]. Давлатшоев С.К. Автоматизированная система мониторинга основания плотины на легкорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 256-268.

[64-М]. Давлатшоев С.К. Кондуктометрический способ и устройства для мониторинга гидрогеохимического режима в основании плотины на легкорастворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 269-281.

[65-М]. Давлатшоев С.К. Измерения диапазон изменения температурного поля во времени в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 292-300.

[66-М]. Давлатшоев С.К. Измерения диапазон изменения степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, З.В. Кобулиев // Сборник трудов V Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». – СПб.: Университет ИТМО, 2019. –С. 301-308.

[67-М]. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины на растворимых породах [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы XIV междунар. молодёжная науч. конф. «Гинчуринские чтения». Том 2. Часть 2. –Казань, 2019. -С. 203-207.

[68-М]. Давлатшоев С.К. Термометр – тепломер для определения пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров / Сборник статей V междунар. науч. конф. на тему: «Вопросы физической координационной химий», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х.М. и Юсуфова З.Н. –Душанбе: ТНУ, 2021. С. 35-38.

[69-М]. Давлатшоев С.К. Определение метрологических характеристик термометр – тепломера [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Сборник статей V междунар. науч. конф. на тему: «Вопросы физической координационной химий», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х.М. и Юсуфова З.Н. –Душанбе: ТНУ, 2021. С. 38-42.

[70-М]. Давлатшоев С.К. Кондуктометрический метод контроля гидрогеохимического режима водорастворимого основания плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник научных статей. Материалы двенадцатой международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии» . -Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. -С. 72-77.

[71-М]. Давлатшоев С.К. Термометр - тепломер для определения пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Сборник научных статей. Материалы двенадцатой международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии» . -Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. -С. 161-164.

[72-М]. Давлатшоев С.К. Метод контроля гидрогеохимического режима водорастворимого основания высоконапорной плотины [Текст] / Ш.А. Шамсуллоев, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Материалы 13 междунар. теплоф. школы «Теплофизика и информационные технологии». - Душанбе-Тамбов, 2022. -С.165-169.

Статьи в других изданиях.

- [73-М]. Давлатшоев С.К. Математическая модель трансформаторного кондуктометра при измерении тока [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Журнал «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». 2018. Т. 1. С. 120-123.
- [74-М]. Давлатшоев С.К. Измерения степени минерализации жидкостей кондуктометрическим способом [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2019. № 2-3 (66). С. 53-57.
- [75-М]. Давлатшоев С.К. Исследование диапазона изменения степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, З.В. Кобулиев, М.М. Сафаров // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. Серия естественных наук. – Душанбе, №1(13), 2020. С.58-66.
- [76-М]. Давлатшоев С.К. Влияние гравитационного давления на процесс релаксации самонапряжённого состояния горных пород вокруг подземного помещения [Текст] / С.К. Давлатшоев // В книге: Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства. Сборник тезисов докладов IV Всерос. науч.-практ. семинара. –Москва: МГСУ, 2021. С. 30.
- [77-М]. Давлатшоев С.К. Оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников в условиях растягивающих напряжений [Текст] / С.К. Давлатшоев // В книге: Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства. Сборник тезисов докладов IV Всерос. науч.-практ. семинара. –Москва: МГСУ, 2021. С. 31.
- [78-М]. Давлатшоев С.К. Управляемые противосуфозионные мероприятия по защите солевого пласта в основании плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов V Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2022. –С. 22-24.
- [79-М]. Давлатшоев С.К. Устройства для перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов V Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2022. –С. 25-27.
- [80-М]. Давлатшоев С.К. Разработка современных измерительных систем для мониторинга состояния гидроэнергетических объектов [Текст] / Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология». –Душанбе: ИМОГЭЭ, Т. 2. № 3, 2022. –С. 98-104.
- [81-М]. Давлатшоев С.К. Метод определения коэффициента фильтрации по изменению теплового состояния основания плотины [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов VI Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2023. –С. 71-72.
- [82-М]. Давлатшоев С.К. Влияние гидростатического давления на изменение степени минерализации подземных вод [Текст] / С.К. Давлатшоев // Сборник тезисов докладов VI Всерос. науч. практ. семинара «Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства». –М.: МИСИ-МГСУ, 2023. –С. 73-74.

АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации **Давлатшоева Саломата Каноатшоевича** на тему: «**Развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в основаниях высоконапорных плотин**» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности **05.23.07** – Гидротехническое строительство

Ключевые слова: Река, Вахш, Рогун, гидротехнические сооружения, плотина, основание, управление, модель, фильтрация, гидрогеохимия, геотермия, кондуктометр, геотермометр.

Цель работы - развитие теории и методов управления фильтрационным режимом в растворимых основаниях высоконапорных плотин.

Методы исследований - теоретические, экспериментальные и лабораторные исследования, с применением действующих стандартных, разработанных и рекомендуемых методик; геофизические каротажные методы: термометрия, кондуктометрия, сейсмоакустические и аппаратуры разработанной автором; теплофизические методы тепломассопереноса; методы математического анализа, математического моделирования функционирования отдельных элементов, математический метод наименьших квадратов.

Полученные результаты и их новизна: развиты теория и методы 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; создана математическая модель для поиска участков зарождения путей сосредоточенной фильтрации и определения коэффициента с применением теории тепломассопереноса; разработан высокочувствительный двухканальный геотермометр-тепломер; разработана математическая модель трансформаторного кондуктометра, метод и прибор измерения электропроводности подземных минерализованных вод, для оперативного измерения УЭП в широком диапазоне концентрации водных растворов; разработан метод определения коэффициента фильтрации в основании плотины, с учетом изменения теплового состояния земли; выявлена причина аномального прогрева приповерхностной части земной коры, в зоне исследуемого объекта, с разработкой метода и системы двухуровневого контроля изменения теплового режима; получены результаты исследования аномального распределения солевого облака вокруг солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС и изменения его гидрогеохимического режима при повышении гидростатического давления; разработаны управляемые противосуффозионные устройства по защите солевого пласта в основании плотины и устройства управляемого перехвата обходных фильтрационных вод, через разлом, для исследуемого объекта.

Рекомендации по использованию результатов исследований - применять для определения пути сосредоточенной фильтрации, выявления расположения геотепловой завесы, степени нагрева земной коры, коэффициента фильтрации, степени опреснения подземных минерализованных вод, а также для проектирования кондуктометров различного назначения и защиты солевого пласта от размыва.

Область применения: мониторинг гидрогеохимических и геотермических режимов в пьезометрической сети в растворимых основаниях высоконапорных плотин.

ANNOTATION

on the abstract of the dissertation of **Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich** «**Development of theory and methods for controlling the filtration regime in the foundations of high-pressure dams**» for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty **05.23.07** – Hydraulic construction

Keywords: River, Vakhsh, Rogun, hydraulic structures, dam, foundation, control, model, filtration, hydrogeochemistry, geothermy, conductometer, geothermometer.

The purpose of the work is to develop the theory and methods of controlling the filtration regime in soluble foundations of high-pressure dams.

Research methods - theoretical, experimental and laboratory research, using current standard, developed and recommended techniques; geophysical logging methods: thermometry, conductometry, seismoacoustic, and equipment developed by the author; thermophysical methods of heat and mass transfer; methods of mathematical analysis, mathematical modeling of the functioning of individual elements, mathematical method of least squares.

The results obtained and their novelty: the theory and methods for controlling the filtration regime in soluble foundations of high-pressure dams have been developed; the conceptual basis for improving the methods of maintaining a monitoring system was formulated, with the development of a criterion indicator for the rapid assessment of the effectiveness of anti-filtration and anti-suffusion measures and the formation of measures to ensure the safety of the dam foundation; a mathematical model was created to search for areas of origin of concentrated filtration paths and determine the coefficient using the theory of heat and mass transfer; a highly sensitive two-channel geothermometer-heat meter has been developed; a mathematical model of a transformer conductometer, a method and instrument for measuring the electrical conductivity of underground mineralized waters, have been developed for the operational measurement of electrical conductivity in a wide range of concentrations of aqueous solutions; a method has been developed for determining the filtration coefficient at the base of the dam, taking into account changes in the thermal state of the earth; the cause of the anomalous heating of the near-surface part of the earth's crust in the area of the object under study was identified, with the development of a method and system for two-level control of changes in the thermal regime; the results of a study of the anomalous distribution of the salt cloud around the salt layer at the base of the Rogun hydroelectric power station dam and changes in its hydrogeochemical regime with increasing hydrostatic pressure were obtained; Controlled anti-suffusion devices have been developed to protect the salt layer at the base of the dam and devices for controlled interception of bypass filtration water through a fault for the object under study.

Recommendations for using the research results - apply to determine the way of concentrated filtration, identify the location of the geothermal curtain, the degree of heating of the earth's crust, the filtration coefficient, the degree of desalination of underground mineralized water, as well as to design conductometers for various purposes and protect the salt formation from erosion.

Scope of application: monitoring of hydrogeochemical and geothermal regimes in a piezometric network in soluble foundations of high-pressure dams.