

**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОЧИКИСТОН  
ИНСТИТУТИ МАСЪАЛАҲОИ ОБ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ**

ВБД: 626/627(575.3)

*Ба ҳуқуқи дастнавис*



**АБДУЛЛОЗОДА Шодмон Абдулло**

**ТАКМИЛИ УСУЛҲОИ НАЗОРАТИ СИФАТИ СЕМЕНТАТСИЯИ  
САРГАҲИ ҚАБАТИ НАМАК**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи  
ихтисоси 2.1. Геология, геодезия, гидрология, сохтмон, меъморӣ (2.1.8.  
Сохтмони гидротехникӣ)

Душанбе – 2026

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

**Роҳбари илмӣ:**

**Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич**  
номзади илмҳои техникӣ, дотсент, ходими пешбари илмии лабаораторияи “Энергетика, захира- ва энергиясарфанамоӣ”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

**Муқарризи расмӣ:**

**Ҳасанзода Нуралӣ Мамед**  
доктори илмҳои техникӣ, дотсент, мудири кафедраи «Асосҳо, таҳкурсиҳо ва иншоотҳои зеризаминӣ»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

**Раҳманов Азим Абдуллаевич**  
номзади илмҳои техникӣ, дотсент, ходими калони илмии лабораторияи «Зилзилатобоварии биноҳо ва иншоотҳо»-и Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

**Муассисаи пешбар:**

Донишкадаи энергетикӣ Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия санаи 14 майи 2026, соати 09:00 дар ҷаласаи шурои диссертатсионии 6D.KOA-059 назди Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон бо суроғи зерин баргузор мегардад: 734025, ш. Душанбе, кӯчаи Бофанда, 5/2, E-mail: [info@imoge.tj](mailto:info@imoge.tj)

Бо матни диссертатсия дар китобхона ва сомонаи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон [www.imoge.tj](http://www.imoge.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2026 ирсол карда шудааст.

**Котиби илмӣ**  
шурои диссертатсионӣ,  
номзади илмҳои техникӣ



**Шаймуратов Ф.И.**

## МУҚАДДИМА

**Муҳиммияти мавзуи таҳқиқот.** Дар арсаи ҷаҳон зиёда аз 60 ҳазор иншооти гидротехникӣ бо обанборҳо фаъолият доранд, ки онҳо барои обёрӣ, истеҳсоли нерӯи барқ, танзими ҷараёни об, киштиронӣ ва истироҳат пешбинӣ шудаанд.

Оморҳои ҷаҳонӣ ва рӯйдодҳои солҳои охир далолат медиҳанд, ки хатари воқеии осеб дидан ё ҳатто вайрон шудани иншооти гидротехникӣ вучуд дорад. Ҳодисаҳои фоҷиавии садамаҳо дар иншооти оббандӣ дар минтақаҳои гуногуни ҷаҳон ба қайд гирифта шудаанд.

Таҳлили садамаҳои бузурги иншооти обӣ дар таҷрибаи ҷаҳонӣ нишон медиҳад, ки яке аз сабабҳои асосии вайроншавии онҳо рушди карст дар қабатҳои поёнӣ мебошад. Аксар вақт ин ҳолат аз сабаби сифати нокифояи корҳои таҳқиқотӣ ва мониторинг, ки имкон намодаанд мавҷудияти кӯҳҳои карстиро сари вақт муайян кунанд ва ё аз наандешидани тадбирҳои зиддисуффозионӣ ба вучуд омадааст.

Дар айни замон таҷрибаи назаррас дар соҳаи тарҳрезӣ ва сохтмони обанборҳо дар ҷинсҳои маҳлулшавандаи карбонатӣ чамъ оварда шудааст. Мисоли нодир дар ин самт сарбанди Роғун мебошад, ки пояи он аз қабатҳои намаксанг иборат аст.

Бехатарии истифодаи сарбандҳо дар чунин шароитҳо то андозае аз интиҳоб ва асосноккунии дурусти тадбирҳои муҳофизат аз вайроншавии кӯҳҳо вобаста мебошад. Яке аз муҳимтарин тадбирҳои зиддисуффозионӣ, ки дар лоиҳаи муҳофизати қабати намаки асоси сарбанди Роғун пешбинӣ шудааст, ин сементатсияи сарғаҳи қабати намак мебошад. Ҳадафи асосии он – нест кардани роҳҳои эҳтимолии ташаккули ҷағрафӣ мутамарказ дар самти паҳншавии қабати намак аст.

Аз ин рӯ, назорати сифати сементатсияи сарғаҳи қабати намак, инчунин муайян кардани роҳҳои ташаккули эҳтимолии ҷағрафӣ мутамарказ, масъалаи хеле актуалӣ ва амалии муҳандисӣ ба шумор меравад, ки аз ҳалли дурусти он эътимоднокии ва бехатарии истифодаи иншооти гидротехникӣ вобаста мебошад.

**Дарачаи коркарди илмии проблемаи мавриди омӯзиш.** Дар соҳаи назарияи таҳияи усулҳо ва таҷҳизоти омӯхтани маҳлулҳои обии минерализатсияшуда олимони Ю. Б. Шауб [32], Б.А. Лопатин [20], Т. Худяков [31], Л. И. Антропов [3], Б. Первухин [23], В.П. Преображенский [24], В. Алесковский [2], В.В. Щербаков [33], К. Латышенко [19], А. Комиссаренков [18], А. Г. Кагиров [16], М. Грилихес [8], П. Делахей [12], И.Н. Дмитриевич [13], Ю.М. Артемкина [4], Н.В.Маркин [22], Б.И. Герасимов [7], Д.Е. Фатеев [27], Д.В. Букреев [5] ва дигарон саҳми калон гузошанд.

Дар асарҳои илмии олимони соҳа А.Н. Адамович [1], Д.В. Колтунов [1], Б.А. Лопухин [14], Ю.З. Заславский [14], В.В. Семикин [15], М.Н. Ибрагимов [15], Ю.И. Белоусов [11], В.В. Давыдов [11], А. Камбефор [17], Н.Г. Трупаков [25] ва дигар муҳаққиқон таҷрибаи васеи назариявӣ ва амалӣ оид ба таҳияи назария ва усулҳои кимиёвии зичкунӣ ва мустаҳкамкунии кӯҳҳо, инчунин сементатсияи кӯҳҳои тарқишдор чамъбаст ва инкишоф дода шудааст.

Дар соҳаи таҳқиқоти геотермӣ бошад, корҳои арзандаи олимон В.К. Хмельевский [30], Н.Е. Фоменко [28], В.В. Малаханов [21] ва дигаронро қайд кардан лозим аст.

Ба масъалаҳои баланд бардоштани сатҳи бехатарии иншооти гидротехникӣ дар шароити мураккаби геологӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳқиқот ва корҳои илмӣ олимон ва муҳаққиқони тоҷик –А.Р. Фазылов [26], Н.М. Ҳасанзода [29], М.М. Сафаров [9] ва дигарон бахшида шудаанд.

Ҳамчунин, дар Тоҷикистон дар самти таҳияи методика ва таҷҳизоти таҳқиқоти кондуктометрӣ ва геотермӣ метавон саҳми бузурги олим ва муҳаққиқ С.К. Давлатшоев [10] ро махсус зикр намуд.

**Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоихаҳо), мавзӯҳои илмӣ.** Диссертатсия бо дарназардошти ҳуҷҷатҳо ва Барномаҳо ва Стратегияҳои давлатии зерин: «Консепсияи рушди соҳаҳои маҷмӯаи сӯзишворӣ ва энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи солҳои 2003–2015», «Барномаи истифодаи самараноки захираҳои гидроэнергетикӣ ва сарфакорӣ энергия барои солҳои 2012–2016», «Барномаи истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия барои солҳои 2007–2015», Лоихаи илмӣ-таҳқиқотии ГР № 0120ТJ01028 таҳти унвони «Стратегияи рушд ва оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ. Сенарияи гидро-ангиштии рушди энергетикаи Тоҷикистон», (мӯҳлати иҷро: солҳои 2020–2024), инчунин дар доираи лоихаи амалисозии Неругоҳи барқи обии Роғун иҷро карда шудааст.

#### ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

**Мақсади таҳқиқот.** Такмил додани усулҳои назорати маҳлули намак, сифати сементатсияи сарғаҳи қабати намак.

#### **Вазифаҳои таҳқиқот.**

1. Интихоби усули назорати маҳлули намакҳои то ҳадди сершуда дар системаи маҳлултайёрмаӣ.

2. Таҳияи модели математикӣ ва усули ҳисобкунии амалӣ ҳангоми ҳал шудани қабати намак дар вақти ташаккули роҳи ҷолоиши ҷамъшуда.

3. Таҳлили технологияи сементатсияи сарғаҳи қабати намак бо усули санҷиши обии чоҳҳои назоратӣ барои муайян кардани сифати корҳои сементатсионӣ.

4. Таҳияи усули арзёбии сифати сементатсия дар сарғаҳи ташаккули қабати намак.

**Объекти таҳқиқот.** Қабати намак, ки аз тарқиши Ёнахш берун меояд.

**Мавзӯи таҳқиқот.** Арзёбии сифати сементатсияи сарғаҳи ташаккули қабати намак.

**Навгонии илмӣ таҳқиқот.** Навгонии илмӣ таҳқиқот аз инҳо иборат мебошанд:

1. Усулҳои назорати сифати маҳлули намакҳои сершуда дар системаи маҳлултайёрмаӣ барои омода намудани маҳлули сементатсионӣ интихоб карда шудаанд.

2. Модели математикӣ ва усули ҳисобкунии амалӣ барои равандҳои маҳлулшавии қабати намак ҳангоми ташаккули роҳи полоиши чамъшуда таҳия шудааст.

3. Таҳлили технологияи сементатсияи сарғаҳи қабати намак ба воситаи чоҳҳои назорати маҳакгирии обӣ барои муайян кардани сифати кори сементатсионӣ гузаронида шуд.

4. Усули арзёбии сифати сементатсияи сарғаҳи ташаккули қабати намак таҳия шудааст.

#### **Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот.**

- интиҳоб ва асоснок кардани усули назорати маҳлули намаки сер дар системаи маҳлултайёрнамоӣ барои омода намудани маҳлули сементатсионӣ.

- таҳияи модели математикӣ ва методикаи ҳисобкунии амалӣ барои ҳалшавии қабати намак ҳангоми ташаккули роҳи полоиши чамъшуда;

- таҳияи усули арзёбии сифати сементатсияи сарғаҳи ташаккули намак бо назардошти тағйироти майдони ҳарорат.

#### **Нуктаҳои ба химоя пешниҳодшаванда:**

1. Усулҳои назорати сифати маҳлули намаки сер дар системаи маҳлултайёрнамоӣ барои омода намудани маҳлули сементатсионӣ.

2. Модели математикӣ барои ҳалшавии қабати намак ҳангоми ташаккули роҳи полоиши чамъшуда ва усули ҳисобкунии амалӣ.

3. Усули геотермалии арзёбии сифати сементатсия дар сарғаҳи ташаккули қабати намак бо назардошти тағйироти майдони гармидиҳӣ.

#### **Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо.**

Дар чараёни гузаронидани таҷрибаҳои саҳроии геологӣ-геофизикӣ дар соҳили чапи неругоҳи оби барқии Роғун, дар тарқиши Ёнахш, ки қабати намак берун мебарояд, натиҷаҳои ба даст овардашуда ҳам аз ҷиҳати миқдор ва ҳам аз лиҳози сифат мувофиқ бо маълумоти таҷрибавии тадқиқоти пешинаи саҳроӣ мебошанд. Таҳқиқоти саҳроӣ бо усулҳои пармакунии чоҳҳо ва гирифтани кернҳо, инчунин бо асбобҳои кондуктометрӣ ва термометрӣ гузаронида шуданд.

**Мувофиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисоси илмӣ.** Диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси 2.1.8. Сохтмони гидротехникӣ тибқи муқаррароти зерин мувофиқ аст:

- банди 1 “Таҳияи назария, усулҳои асосноккунии ҳисобӣ, лоиҳакашӣ ва сохтмони сарбандҳо аз маводи хокӣ; такмил додани таҳқиқоти геотехникӣ, динамикӣ ва полоишӣ; таҳияи конструксияҳои сарбандҳои хокӣ барои кор дар шароити иқлими саҳт; таҳияи усулҳои пешгӯии ҳолатҳои фавқуллода ва асосноккунии илмии самтҳои таъмир ва таҷдиди сарбандҳои хокӣ”.

- банди 11 “Эътимоднокии истифодаи иншооти гидротехникӣ, таҳияи меъёрҳои нави беҳатарӣ, системаҳои назорат ва мониторинги иншоот, такмил додани усулҳои таҳхис ва мониторинги системаҳо ва объектҳои обӣ”.

**Саҳми шахсии докталаби дарачаи илмӣ дар таҳқиқот.** Муаллиф ҳадафҳои таҳқиқотро муайян, натиҷаҳои таҳқиқоти геофизикии қаблӣро чамъбаст ва усулҳои назорати сифати маҳлули намаки серро интиҳоб

намудааст. Инчунин, муаллиф шахсан модели математикӣ ва усули ҳисобкунии амалӣ барои ҳалшавии сарғаҳи қабати намак ҳангоми ташаккули роҳи полоиши чамъшударо таҳлил ва усули арзёбии сифати сементатсия дар сарғаҳи ташаккули қабати намакро таҳия намудааст.

#### **Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия.**

Натиҷаҳои ба дастовардашудаи муҳими диссертатсия дар конфронсҳои зерини илмӣ-амалӣ, байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ (НИПК) пешниҳод ва муҳокима карда шудаанд: Сездаҳумин мактаби байналмилалии термофизикӣ «Термофизика ва технологияҳои иттилоотӣ» дар пойгоҳи ИМО, Г ва Э АМИТ ва ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, Душанбе – Тамбов, 2022; Конфронси байналмилалии илмӣ-амалӣ «Манбаҳои об, инноватсия, сарфаю ҳифзи захираҳо ва энергия», Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Душанбе, 2023; Конфронси байналмилалии илмӣ-амалӣ «XIII Хониши Ломоносовӣ», қисмати III. Илмҳои табиӣ, Душанбе, 2023; Конфронси ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ (бо иштироки байналмилалӣ) «Термоиктисод ва ҳосиятҳои термофизикии моддаҳо», Душанбе, 2023; Конфронси ҷумҳуриявии илмӣ-назариявӣ «Заминаҳои ташаккулёбии ҳамгирии илм ва истеҳсолот дар шароити рушди технологияҳои техникӣ»; Семинари илмӣ «Таҳлили натиҷаҳо ва такмили назорати сифати корҳои сементатсияи қисми болоии қабати намак», ДДД, Данғара, 2024; Конфронси байналмилалии илмӣ-амалӣ «Таҳияи илмҳои математикӣ, дақиқ ва табиӣ вобаста ба таҳсил ва истеҳсолот», Данғара, 2024.

**Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия.** Муҳтавои асосии диссертатсия дар 18 кори ҷопӣ, аз ҷумла, 7 мақола дар маҷаллаҳои таҳриршавандаи ҚОА назди Президенти ҚТ, 2 патенти хурд дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, 1 патенти Авруосиё, 5 мақола дар маҷмӯаҳои конфронсҳои байналмилалӣ, ҷумҳуриявӣ ва дохилӣ ва 2 дастури таълимӣ инъикос ёфтааст.

**Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия.** Диссертатсия аз муқаддима, ҷаҳор боб ва хулосаҳо иборат аст. Ҳаҷми умумии қисм 155 саҳифа (аз ҷумла 136 саҳ. матни асосӣ), 36 расм, 23 ҷадвал, 5 замима, рӯйхати адабиёти истифодашуда 125 номгӯйро дар бар мегирад.

#### **МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ**

**Дар муқаддимаи** муҳимияти қисмҳои таҳқиқотӣ асоснок, ҳадаф ва вазифаҳои таҳқиқот муайян карда шудаанд. Инчунин, нуқтаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда, навоарӣ ва аҳамияти амалии натиҷаҳои ба дастамада пешниҳод шудаанд. Тавсифи умумӣ ва сохтори диссертатсия, мазмуни муҳтасари диссертатсия, маълумот оид ба тасвиб ва саҳми шахсии муаллиф дар мавзӯ оварда шудааст.

**Дар боби якум** омор ва ретроспективӣ оид ба вайроншавии сарбандҳо дар сатҳи ҷаҳон, баррасии сарбандҳои сохташуда дар ҷинсҳои маҳлулшаванда, баррасии усулҳои ҷенкунии кондуктометрӣ, шароити геологӣ ва гидрогеохимиявӣ дар минтақаи хобиши қабати намаки асоси сарбандҳои НБО - и Роғун оварда шудааст.

Дар миқёси ҷаҳон зиёда аз 60 ҳазор нерӯгоҳи электрикии обии дорон обанборҳо фаъолият мекунанд. Онҳо баҳри обёрӣ намудан, тавлиди нерӯи барқ, танзими ҷараёни об, киштигарӣ, истироҳат ва ғайра пешбинӣ шудаанд.

Дар ҷаҳон зиёда аз 60 ҳазор гидроиншоот бо обанборҳо фаъолият мекунанд. Онҳо барои обёрӣ, тавлиди энергия, танзими ҷараёни об, ҳаракати нақлиёт, истироҳат ва дигар мақсадҳо пешбинӣ шудаанд. Омори ҷаҳонӣ ва рӯйдодҳои солҳои охир хатарҳои воқеии осеб ва ҳатто харобшавии иншооти гидротехникоӣ нишон медиҳанд. Бадтарин оқибатҳои хатарнок аз вайроншавии сарбандҳои НБО ва обанборҳо дар ИМА (сарбандҳои Биг, Томпсон, Канон Лейк, Сен Френсис, Титон) ба қайд гирифта шудаанд. Ҳолатҳои фоҷиабори милли дар садамаи Фаронса – вайроншавии сарбанди Малсасе (декабри соли 1959), дар Италия – Грено ва Вайонт мушоҳида шудаанд.

Дар ҷадвалҳои зер омор оид ба басомади сабабҳои садамаҳои иншооти гидротехникоӣ (Ҷадвали 1-2) ва шиддати руҳ додани офатҳои сарбандҳои гуногун нишон дода шудааст.

**Ҷадвали 1.** – Басомади сабабҳои гуногуни садамаи иншооти гидротехникоӣ, ки ба пайдошавии мавҷҳои кандашавӣ оварда расонидаанд

<b>Сабаби вайроншавӣ</b>	<b>Басомад, %</b>
Вайроншавии таҳкурсии	40
Нокифоягии қобилияти обгузаронии ҳавзаҳо	23
Норасоиҳои конструктивӣ	12
Таҳшинҳои нобаробар	10
Фишори баланди холигиҳо (капилярӣ) дар сарбанди шусташуда	5
Фаъолияти ҳарбӣ	3
Фурӯравии канорҳо	2
Нуқсонҳои мавод	2
Заминчунбиҳо	1
Баистифодадиҳии нодуруст	2
<b>Умумӣ:</b>	<b>100</b>

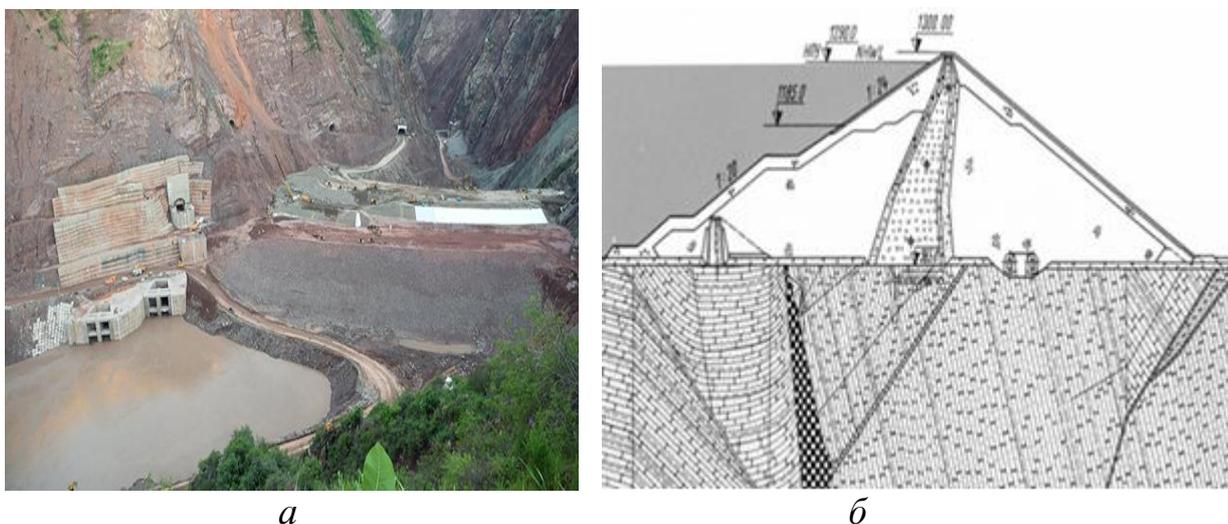
**Ҷадвали 2.** – Басомади садамаҳо дар намудҳои гуногуни сарбандҳо

<b>Намудҳои сарбанд</b>	<b>Садамаҳо, %</b>
Сарбанди заминӣ	53
Садди муҳофизатӣ аз маводи маҳаллӣ	4
Бетони қозибавӣ	23
Сохтори аркашакли оҳану бетонӣ	3
Сарбанди намудҳои дигар	17
<b>Умумӣ:</b>	<b>100</b>

Дар амалиёти иншооти гидротехникоӣ ҷаҳонӣ як қатор иншоот мавҷуданд, ки дар ҷинсҳои карбонатӣ ва гипсдор сохта шудаанд. Аз ҷумлаи

бузургтарини онҳо метавон ба неругоҳи оби Кам, сарбандҳои Тбилиси ва Ереван, НОБ – и Бойғозӣ ва НОБ – и Роғун ишора намуд.

Дар масофаи 400-500 м аз меҳвари сарбандҳои НОБ-и Роғун, дар қисми болоии ҳавза, зери клини болоии он, қабати поёнии давраи бур барои таҳти қабати он таҳшинҳои давраи юраи болоӣ мувоффиқ хобиш доранд, ки бо бастаҳои чинсҳое чун, аргиллитҳо бо ғафсии тақрибан 20 м ва қабати намак муаррифӣ шудааст. Қабати намак мустақиман бо тарқиши Ёнахшӣ тамос дорад, ки дарёро бо кунҷи тақрибан 30 дараҷа убур мекунад (расми 1). Шовҳои тарқиш ба ҳамворӣ бо қабатҳои чинсҳои қабати поёнии бур ва таҳшониҳои давраи юраи болоӣ тариқи параллелӣ паҳн шудаанд ва ба ҳамон тараф майл доранд. Дар натиҷа, ғафсии қабати намак миёнаравона аз 1 то 10–12 м тағйир ва барои ҳар 100 м чуқурӣ тақрибан 15 м афзоиш меёбад



**Расми 1.** – Лоиҳаи НОБ-и Роғун: сохтмони сарбанд дар марҳилаи якум (а) ва буриши асоси сарбанд (б)

Дараҷаи минерализатсия дар пояи сарбандҳои сохташуда дар чинсҳои маҳлулшаванда бо усулҳои кондуктометрӣ чен карда мешавад. Усулҳои кондуктометрии таҳлилҳоро бар асоси чен кардани муқовимати электрикӣ (УЭП) –и маҳлулҳои электролитӣ анҷом медиҳанд. Муқовимати электрикӣ қобилияти муҳити моеъро барои гузаронидани ҷараёни электрикиро дар майдони электрикӣ меноманд. Ҳамлу нақлқунандагони барқ дар маҳлулҳои электролитӣ ионҳо мебошанд.

Ченкунии кондуктометрӣ як усули содда, боэътимод ва нисбатан арзон аз зумраи усулҳои электрокимёвӣ аз лиҳози истифодашавии энергия камхарҷ маҳсуб ёфта, имкон медиҳад, ки онро барои назорати сифати муҳитҳои моеъ ва дараҷаи минерализатсия бо арзиши муқовимати электрикӣ истифода баранд.

**Дар боби дуюм** баррасӣ ва интихоби варианти муҳофизати муҳандисии қабати намак, таҳлили кори насбкунии муваққатӣ барои тайёр ва тоза кардани намақоб, тавсифи насб ва таҳқиқи сифати маҳлул, таҳқиқи таъсири шустушӯӣ филтрҳо ба андозаи зарраҳои лой дар намақоб, таҳқиқот оид ба тоза кардани намақоб аз зарраҳои аз 25 мкм калон бо истифода аз филтри

картричӣ, таҳқиқи зангзании кубурҳои намақоб, арзёбии дараҷаи минерализатсияи маҳлули намақдор бо кондуктометр ва усули геотермӣ барои таҳқиқи чоҳҳо, оварда шудааст.

Дар роҳҳои баррасишаванда, сарҳади минтақаи муҳофизатшаванда бар асоси маълумоти таҳқиқоти моделӣ бо дарозии умумии 1100 м дарозии тарқиши Ёнахш қабул карда шуд, аз ҷумла 500 м дар соҳили чап ва 600 м дар соҳили рост, то чуқурии 70-100 м дар лоиҳа ва то 200 м дар марҳилаҳои аввали тарҳрезӣ нишон дода шудааст.

*1. Тағйироти коэффитсиенти полоиши ҷинсҳои атроф* ба сементатсияи ҷинсҳои атрофи сарпӯшии қабати намақ, асосан қисми болоии намакии он ва қисми холигии онро пешбинӣ мекунад. Ин тадбир ба ҳамворкунӣ ва миёнагирии обгузаронии ҷинсҳо дар наздикии сарғаҳ мусоидат мекунад ва тавре натиҷаҳои ҳисоб нишон доданд, ба ҳолати умумии полоиш дар минтақаи баррасишаванда тақрибан таъсир намерасонад.

Ин роҳ танҳо ҳамчун тадбири иловагӣ ба қарорҳои техникӣ баррасӣ шудааст.

*2. Ҷойгиркунии маводи шустанаашаванда ба қабати намақ.*

Моҳияти ин роҳ дар он аст, ки қисми қабати намақ дар минтақаи муҳофизатӣ (1100 м) то чуқурии муайян бо бетони васеъшаванда ё дигар маводи устувори шустанаашаванда иваз карда шавад. Роҳ бо таҳияи қабати намақ бо усули кӯҳӣ ва шустани қабатҳо бо пур кардани холигиву фосилаҳои шуста тавассути чоҳҳо баррасӣ шуда буд. Дар марҳилаи асосноккунии техникӣ-иктисодӣ амиқии ҷойгиркунии қабат то 200 м қабул шуда, дар марҳилаи лоиҳа – то 70-100 м муқаррар гардида буд.

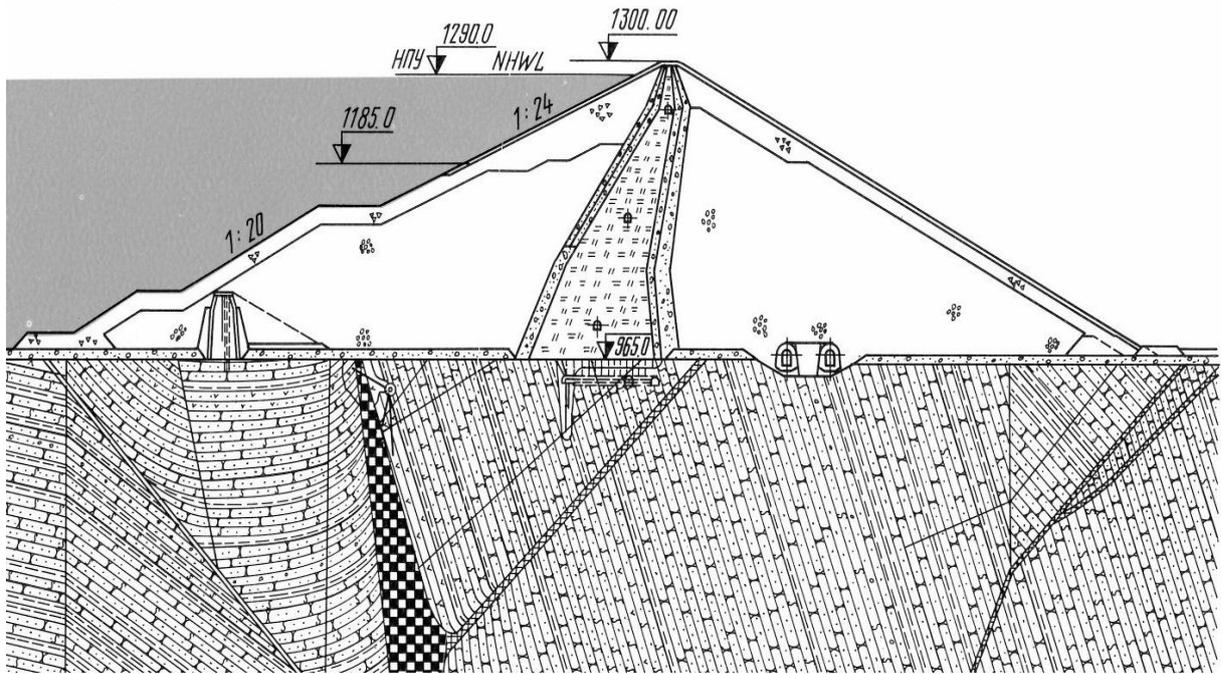
*3. Тағйири градиентҳои фишорӣ дар минтақаи ҷараёни фаъоли полоиши дар қабати намақ.*

Ин роҳ бо насби пардаҳои гидравликӣ ва намакӣ (варианти қабулшуда дар расми 2.1 оварда шудааст).

Варианти тасдиқшудаи лоиҳа дарозии қитъаи муҳофизатӣ дар 1100 м бо тарқиши Ёнахш маҷмӯи тадбирҳои зеринро пешбинӣ мекунад:

- насби як қатор чоҳҳои гидравликӣ дар паси қабати намақ то расидан ба монеаи амали обӣ (пардаи гидравликӣ);

- ҷойгиркунии як қатор чоҳҳои фишорнок бо тақсимои муътадили намақоб байни қабати намақ ва пардаи гидравликӣ (пардаи намакӣ).



**Расми 2.** – Қисмати дарозии асосии садди обанбор ва пояи Нерӯгоҳи барқи оби Роғун

Чараёни полоишӣ аз обанбор ба сӯи ҳавзаи поёнӣ аз чоҳҳои фишорнок, бо гузаштан аз сарғаҳи болоӣ ва канори поёнии қабати намак оғоз меёбад.

Қатор чоҳҳои фишорнок, ки ба онҳо маҳлули намак дода мешавад, дар канори поёнии қабати намак шлейфи намакро ба вучуд меоранд, ки зичии он имкон намедихад, ки намак тавассути диффузия ҳал шавад ё бо чараёни конвективӣ хориҷ гардад. Вазни махсуси калон, ҷойгиршавии кунҷии қабати намак (ба сӯи ҳавзаи поёнӣ) ва ҳамкориҳои чараёни намак ва оби тоза аз чоҳҳои намак ва чоҳҳои гидравликӣ бо фишурдани қавии шлейфи намак ба қабати намак таъмин карда мешавад, ки он ба поён “лағжида” меравад.

**Тавсифи насби муваққатӣ.** Дар замони имрӯза дар нерӯгоҳи барқии оби Роғун насби муваққатӣ барои омода намудани маҳлули намак фаъол аст (расми 3).

Намаки овардашуда ба бункер ворид шуда, сипас тавассути вибратор ба таҷҳизоти маҳлултайёркунандаи Рm-2000 меравад. Баъдан, маҳлул барои муддати 1,5 соат омехта карда мешавад. Назорати консентратсияи маҳлул бо ёрии ареометр анҷом дода мешавад. Зичии маҳлули омодашуда бояд 1,21 бошад.

Аз таҷҳизоти маҳлултайёркунанда ба зарфи қабулкунанда бо ҳаҷми 100 м<sup>3</sup> интиқол дода мешавад. Дар ин ҷо танзими консентратсияи маҳлул анҷом дода мешавад. Баъд маҳлул ба зарфи таҳшинкунандаи амудӣ (2 дона) меравад, ки барои тоза кардани пешакӣ аз ҷузъҳои саҳт ва нигоҳдории маҳлул пешбинӣ шудаанд. Зарфи таҳшинкунанда ҳамчун зарфи амудӣ тибқи ТП 704-1-150 С «Зарфи амудии пӯлод барои нафт ва маҳсулоти нафтӣ бо ҳаҷми 200 м<sup>3</sup>» хизмат мекунад.

Маҳлули пешакӣ тозашуда тавассути ду қубур ба филтрҳои намуди «Струя» (2 дона) дода мешавад. Филтр мувофиқи лоиҳаи стандарти №901-377 қабул шудааст. Параметрҳои асосӣ: диаметри 1,0 м, масоҳати 0,79 м<sup>2</sup>, баландии

қабати об аз болои сарборӣ 0,9 м аст. Сарборӣ: регсанги кварсӣ бо андозаи  $d_{\text{экв}} 0,3-0,4$  мм. Ҳадди дағалдонаҳои минималӣ - 0,25 мм, ҳадди зиёд - 1,0 мм. Тӯри мисӣ (1x1) байни торҳо ду қабати матои шишагӣ, шағал – 1 қабат.

Тоза кардани об аз қисмати болоӣ ба поён сураат мегирад.

Шустушӯ: - давомнокӣ 6-8 дақиқа, шиддат 12-14 л/с барои  $\text{м}^2$ , истеъмоли об – 4,0-5,0  $\text{м}^3$ . Шустушӯ бо чараёни баръакс аз қисмати поёни ба боло анҷом дода мешавад. Барои шустушӯи филтр оби нӯшокӣ аз зарфи сементии мустаҳкам бо насосҳо дода мешавад. Оби шустушӯ ба сойи Пассимурахо рехта мешавад.

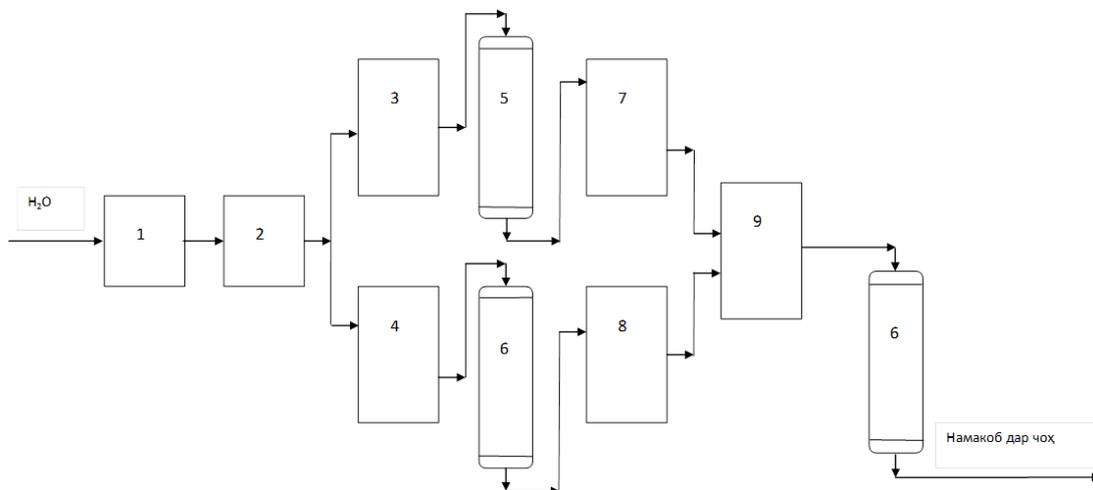
Маҳлули тозашуда (3 мг/л) ба ду нигоҳдоранда бо ҳаҷми 100  $\text{м}^3$  дода мешавад. Конструксияи нигоҳдоранда ва зарфи қабулкунанда аз конструксияи нигоҳдоранда фарқ намекунад. Аз нигоҳдорандаҳо маҳлул бо чараёни 15  $\text{м}^3/\text{рӯз}$  тавассути қубур бо дарозии тақрибан 1750 м ба узви тақсимкунанда ба зарфи истеъмоли – 1-1,5  $\text{м}^3$  дода мешавад. Қубурҳои интиқолдиҳанда диаметри 76 мм ва 108 мм аз пӯлоди тамғаи БСт2пс сохта шудаанд.

Бо сабаби афзоиши консентратсияи моддаҳои мавҷуда дар маҳлул ҳангоми интиқол аз сабаби зангзании қубур ва зарурати расидан ба сифати талабшуда, филтрҳои фишорнок барои тоза кардани маҳлул насб карда шудаанд.

Филтри фишорнок ба худ зарфи силиндрии ду қаърро менамояд. Маводи филтрӣ – реги кварсӣ бо андозаи 0,3-0,4 мм. Ҳадди ақал 0,25 мм, ҳадди зиёд 1,0 мм. Ҳаҷми регҳо – 0,04  $\text{м}^3$ . Тӯри пӯлодӣ № 0,5-1 қабат, № 1,0-2 қабат ва матои шишагӣ 3 қабат.

Пас аз тоза кардани ниҳой намакоб бо чараёни 0,5 л/дақ ба ду ҷоҳ дода мешавад.

Барои гузаронидани таҳқиқот, намунаҳои намакоб аз нуқтаҳои зерин гирифта шуданд: намакоби асли аз таҷҳизоти маҳлултайёркунӣ; аз зарфи таҳшинчамъшавии пешакӣ; пас аз филтри «Струя»; дар узви тақсимкунанда то филтрҳои фишорнок; пас аз филтрҳо пеш аз додан ба ҷоҳҳо.



**Расми 3.** – Нақшаи насби муваққатӣ барои тайёр кардани намакоб: 1 – таҷҳизоти намакобтайёркунӣ; 2 – зарфи қабулкунанда; 3 – зарфи таҳшинчамъшавии амудии пешакитозакунӣ; 4 – зарфи таҳшинчамъшавии амудии пешакӣи намакобтозакунӣ; 5 – филтри намуди «Струя»; 6 – филтри намуди «Струя»; 7 – зарфи намакоби тозашуда; 8 – зарфи намакоби тозашуда; 9 – зарфи истеъмолии гиреҳи маҳлул (РУ)

Дар ҳамаи намунаҳо миқдори моддаҳои маҳлулсанҷӣ ва дар намунаҳо дар гиреҳи тақсимкунанда – андозаи зарраҳо муайян карда шуд.

**Ҷадвали 3.** – Натиҷаҳои муайянкунии андозаи зарраҳо дар гиреҳи тақсимкунанда

Намунаҳо то филтрҳои фишорӣ												
Андозаи зарраҳо, мкм	2	3	5	7	8	10	12	15	20	25	30	40
Таркиби фраксияҳо, %	3,7	8,3	32	1,86	1,80	19,2	0,9	7,3	9,2	1,86	1,86	1,86
Намуна пас аз филтрҳои фишорӣ												
Андозаи зарраҳо, мкм	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60		
Таркиби фраксияҳо, %	2,8	8,3	19,5	35,4	13,0	14,0	3,6	0,8	1,7	0,8		

Диаметри миёнаи зарраҳо дар ин ё он намуна наздик ба 11 мкм - ро ташкил медиҳанд.

**Ҷадвали 4.** – Намунаи намакоб пеш аз филтри фишорӣ

Андозаи зарраҳо, мкм	7	10	14	17	18	21	28	35	42	56	70	84	98	112	126	140
Таркиби фраксияҳо, %	6,0	0,4	48,0	0,8	0,4	3,2	20,5	1,6	12,9	3,2	1,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Андозаи миёнаи зарраҳо 20,6 мкм мебошад.

**Ҷадвали 5.** – Намунаи намакоб баъд аз филтри фишорӣ

Андозаи зарраҳо, мкм	7	14	17	21	24	28	35	42	56	70	84	98	112
Таркиби фраксияҳо, %	3,4	47	1,2	6,3	0,4	25,0	0,4	7,2	1,6	3,4	1,6	0,4	1,2

Марҳилаи навбатии кор таҳқиқи таъсири шустани филтрҳо ба самаранокии нигоҳдории зарраҳоро дарбар гирифт. Шустани филтрҳо бо ҷараёни баръакси оби техникӣ хунук анҷом дода шуд. Таъмини об ба тавре танзим карда мешуд, ки интиқоли қуми филтр ба амал наояд. Шиддати шустан 6,3–7,0 л/с•м<sup>2</sup>-ро ташкил дод. Давомнокии шустани аввал 20-25 дақиқа, шустани дуюм ва сеюм мутаносибан 10 дақиқагиро дарбар гирифт. Се давраи полоиш, ҳар кадом ба муддати 8 соат, анҷом дода шуданд. Ҳар як соат намунаи намакоб гирифта мешуд. Натиҷаҳои таҳлили намакоб дар ҷадвали 6 оварда шудаанд.

**Чадвали 6.** – Натиҷаҳои таҳлили намақоб

		Тўлнокии кори филтрҳо, соат								
Давраи филтркунӣ	Номгӯи нишондодҳо	1	2	3	4	5	6	7	8	Ср.
1	ВВ, мг/л	6,7	1,2	0,5	0,5	7,0	2,2	11,2	1	3,8
	Таркиби заррачаҳои андозаашон аз > 25 мкм, %	56	45	20	18	15,8	28,5	23,2	34	30,0
2	ВВ, мг/л	24	0,7	0,5	1,5	-	0,5	-	2	4,9
	Таркиби заррачаҳои андозаашон аз > 25 мкм, %	55,1	48,3	31,3	31,4	-	45,3	-	31,5	40,1
3	ВВ, мг/л	1,3	1	0,7	1	-	1,3	-	1	1,05
	Таркиби заррачаҳои андозаашон аз > 25 мкм, %	29,6	24	54,5	30	-	29,5	-	29	32,7

Натиҷаҳои таҳлили намақоб пас аз филтри патронӣ дар чадвали 7 оварда шудаанд.

**Чадвали 7.** – Натиҷаҳои таҳлили намақоб пас аз филтри патронӣ

Тўлнокии кори филтрҳо, соат	ВВ, мг/л	Миқдори заррачаҳо бо андоза, мкм					
		25	30	40	50	60	70
0	2,4-2,7	35	7	16	6	3	3
3	1,1	21	5	5	11	-	-
6	1,2	12	-	3	9	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-
20	1,7	-	-	-	-	-	-
30	1,8	-	-	-	-	-	-
40	0,23	-	-	-	-	-	-
50	1,1	12	9	1	2	-	-

Аз маълумоти чадвали 7 маълум мешавад, ки миқдори моддаҳои маҳлулсанҷӣ дар намақоб ҳангоми истифодаи филтри картриджӣ ба таври миёна 50 % кам мешавад.

Барои муайян кардани консентратсияи маҳлули обии намаки ошӣ (NaCl) дар гиреҳи маҳлул (расми 4) аз кондуктометр «NELT», ки аз ҷониби Давлатшоев С.Қ. таҳия гардидааст, истифода шудааст.



**Расми 4.** – Кондуктометр дар маҷмӯъ

Таҳқиқоти термометрӣ дар чоҳҳои шабакаи пезометрӣ бо истифодаи таҷҳизоти сайёр (расми 5) гузаронида шуданд, ки он аз трансформаторҳои ҳароратии чоҳӣ (провайдерҳои чоҳӣ) навъи ПТС-60 иборат аст, ки барои чен кардани ҳарорат дар унсурҳои иншооти гидротехникӣ пешбинӣ шудааст ва ҳамчунин аз дастгоҳи ченкунии намоишҳои провайдери навъи ПЦП-1 (периодометри рақамии сайёр ва махсус) иборат мебошад.



**Расми 5.** – Насби термокартажи чоҳӣ

**Боби сеюм** ба назарияи равандҳои конвективӣ–диффузионӣ, ки ба таъсири байниҳамии оби тоза, ки аз обанбор бо чинҳои ҳалшавандаи пояи

садд ва ҳамчунин ба ҳалшавии конвективӣ–диффузионӣ аз сарғаҳи қабати намак (марҳилаи 1), маҳлулшавии конвективӣ–диффузионӣ дар қабати намак бо шартҳои пайдо шудани шикастаҳо (марҳилаи 2) ва ҳисобкунии миқдори зарури маҳлул барои муҳофизати қабат бахшида шудааст.

Хусусиятҳои шароити геологӣ дар минтақаи садди Нерӯгоҳи барқи обии Роғун он аст, ки дар пояи садд қабати намаки қавӣ, ки ба тарқишҳои тектоникӣ рост меояд, мебарояд. Ҳалшавии намаксанг бо ҷараёни ҷолоиш метавонад ба шаклдигаркунииҳои ғайримакбул дар пояи садд оварда расонад. Аз ин рӯ, арзёбии суръати эҳтимолии маҳлулшавии намак ва интиҳоби ҷораҳои муҳофизатии иқтисодӣ яке аз масъалаҳои асосии лоиҳакашӣ ва сохтмони НБО Роғун мебошад.

Дар ин боб натиҷаҳои ҳисобҳои равандҳои диффузионӣ–конвективӣ ва баъдан пайдоиши сӯроҳҳои ҷараёндиҳанда, ки бо ҳок пур нашудаанд, барои роҳҳои зерин оварда шудаанд:

1. Вақте, ки ҷораҳои муҳофизатӣ барои қабати намак вучуд надоранд ва коэффитсиенти ҷолоиши ҷинсҳои атрофи сарғаҳ  $K_f = 0,3$  м/рӯз.

2. Инъексияи сарғаҳи қабати намак анҷом дода шудааст ва коэффитсиенти ҷолоиш то  $K_f = 0,03$  м/рӯз кам карда шудааст.

3. Намакҳо дар қабат то чуқурии 15 м шуста шуда, бо бетон иваз карда шудаанд ва дар ин ҳолат ҷинсҳои атрофи қабати намак коэффитсиенти ҷолоиш  $K_f = 0,003$  м/рӯз доранд.

**Ҳалшавии конвективӣ–диффузионӣ аз сарғаҳи қабати намак (марҳилаи 1).** Ҳисоби шустани намак бе пайдо шудани шикастаҳо дар тамос байни намак ва ҷинсҳои атроф анҷом дода мешавад. Раванди ҳалшавии намак дар доираи тамоси оби тоза бо суръати баланди сершавии ҷараёни филтратсионӣ то консентратсияи ҳадди аксар, ки барои намаксанг 300–360 г/л арзёбӣ мешавад, сураат мегирад.

Баровардани намак, ки ба маҳлул гузашт, ҳам аз ҳисоби диффузияи молекулярӣ ва ҳам бо роҳи конвексия, яъне ҷараёни ҷолоиш сураат мегирад.

Ҳисобҳо ва пешгӯии шустани қабат бо назардошти равандҳои конвективӣ–диффузионӣ тибқи методикаи анҷом дода шудаанд, ки асоси он назарияи муосири маҳлулшавии намакҳо ва равандҳои диффузионӣ дар ҷараёнҳои ҷолоиш тавассути ҷинсҳои табиӣ мебошад, ки бар қонуни Фик асос ёфтааст.

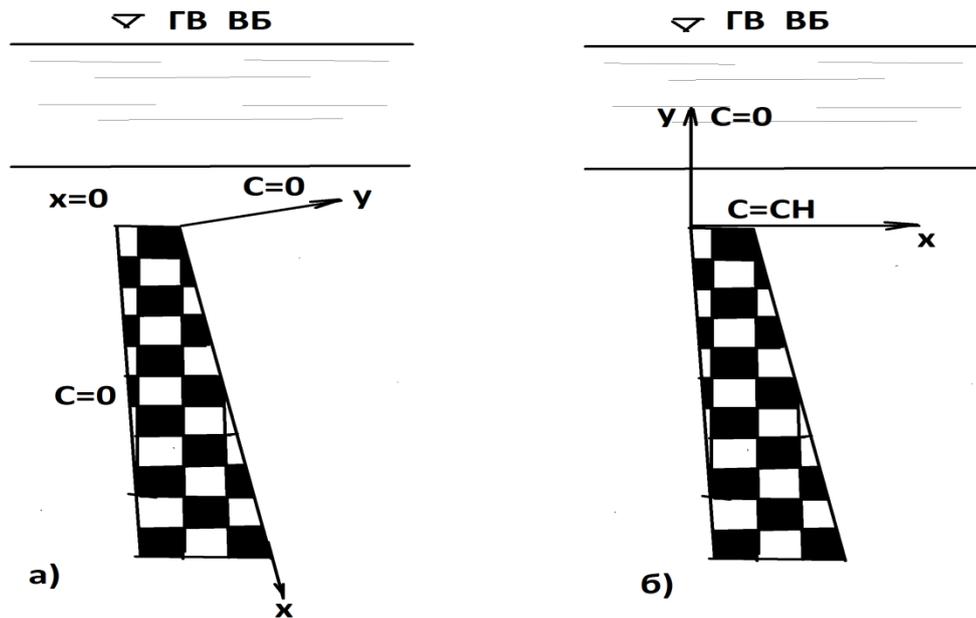
Тибқи ин усул, муодилаҳои конвективӣ–диффузионӣ дар минтақаи қабати намак шакли зеринро мегиранд:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (3.9)$$

Ҳоло нақшаи ҳисобии ҳалшавии конвективӣ–диффузионӣ аз сарғаҳи қабати намакро меорем.

Бо қабул кардани шартҳои марзӣ барои рӯи поёнӣ ва болоӣ  $y = 0$ ,  $C = C_H$ ,  $x = 0$ ,  $C = 0$ ,  $y = \infty$ ,  $\frac{\partial C}{\partial y} = 0$  ва барои сарпӯш:  $y = 0$ ,  $C = C_H$ ,  $x = 0$ ,  $C = 0$ ,

$y = h$ ,  $C = 0$ , мо барои ҳар ду ҳолат формулаҳои ҳисобии сарфаи намак ( $qqq$ ) ва ғафсии қабати ҳалшуда ( $VxV\_xVx$ ) дар нуқтаи мавриди назар мегирем:



Расми 6. – Нақшаи ҳисобии ҳалшавии конвективӣ-диффузионӣ аз сарпӯши қабати намак: а) рӯяхи боло ва поён; б) саргах

$$q = \Delta C \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (3.10)$$

$$B_x = \frac{T \Delta C}{\gamma_c} \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (3.11)$$

ки ин чо:  $\Delta C$  – фарқи консентратсия аз аввала то ҳадди сершавӣ ( $t/m^3$ );  
 $D$ -коэффитсиенти диффузия,

$$D = 10^{-5} \text{ см}^2/\text{дақ} \approx 8,64 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{шаб}$$

$\gamma_c$ -зичии махсуси намак ( $2,2 \text{ т}/\text{м}^3$ );

$X$ - масофа дар сатҳи шустан аз нуқтаи аввали ҳисоб то нуқтаи мавриди назар ( $m$ );

$T$  – вақт дар шабонарӯзҳо.

Ғафсии қабати маҳлулшуда дар рӯяхи поёнии қабати намак мувофиқи формулаи (3.11) муайян карда шудааст. Градиентҳои ҷараён баробар ба  $0,1$  қабул шудаанд барои сатҳи оби болоӣ  $1015 \text{ м}$  ва барои поёнӣ  $987,0 \text{ м}$ .

Дар ин ҳолат се роҳи кори девори муҳофизатӣ (перемычка) баррасӣ шудаанд:

1. Чораҳои муҳофизатӣ дар саргахҳои қабати намак мавҷуд нестанд, пас коэффитсиенти полоиш барои сарпӯш мувофиқи ҷадвали замимаи  $1 \text{ Кф} = 0,3 \text{ м}/\text{рӯз}$  қабул карда мешавад.

2. Дар минтақаи сарпӯши намак инъексия анҷом дода шудааст ва коэффитсиенти полоиш як дараҷа кам карда шудааст:

$$\text{Кф} = 0,03 \text{ м}/\text{рӯз}.$$

3. Намак то чуқурии 15 м шуста шуда, бо маводи инертӣ, масалан, бетон иваз шудааст. Дар ин ҳолат қабат дар чинсҳое ҷойгир мешавад, ки коэффитсиенти полоишашон  $K_f = 0,003$  м/рӯз мебошад.

Барои ҳамаи се роҳи натиҷаҳои ҳисобҳои маҳлулшавӣ дар дарозии қабати намак дар ҷадвали 8 оварда шудаанд.

Дар марҳилаи якуми шустан дар шароити конвективӣ–диффузионӣ, шустани қабати намак нисбатан суст мегузарад, аммо дар марҳилаи дуюм, вақте ки сӯрохи ҷараёнӣ ба вучуд меояд, раванд метавонад босуръат гардад. Аз ҳамин сабаб, марҳилаи дуюм дар зер баррасӣ мегардад.

**Ҷадвали 8.** – Натиҷаҳои ҳисобҳои ҳалшавии қабати намак барои ҳамаи се роҳ

№ роҳҳо	T (сол)	X=1 м	X=1 м	X=1 м
1	Чораҳои муҳофизатӣ вучуд надоранд: $K_f = 0,3$ м/шаб; $J = 0,1$ ; $V_x = 0,03$ м/шаб.			
	0,33	0,018	0,0056	0,0018
	0,67	0,036	0,0113	0,0036
	1,0	0,054	0,0169	0,0054
2	Чораҳои муҳофизатӣ вучуд надоранд: $K_f = 0,03$ м/шаб; $J = 0,1$ ; $V_x = 0,003$ м/шаб.			
	0,33	0,0056 м	0,0018 м	0,00056 м
	0,67	0,0113 м	0,0036 м	0,00112 м
	1,0	0,0169 м	0,0054 м	0,00168 м
3	Чораҳои муҳофизатӣ вучуд надоранд: $K_f = 0,003$ м/шаб.; $J = 0,1$ ; $V_x = 0,0003$ м/шаб			
	0,33	0,0018	0,00057	0,00018
	0,67	0,0036	0,00113	0,00036
	1,0	0,0054	0,0018	0,00054

**Ҳалшавии конвективӣ–диффузионӣ дар қабати намак бо шarti пайдоиши тарқишҳо (марҳилаи 2).** Агар фарз кунем, ки дар тамос бо қабати намак тарқише (трешина) ба вучуд меояд, ки бо ғрунт пур нашудааст ва дорои роҳи озоди воридшавӣ ва хоричшавӣ ба ҳавзи боло ва поён мебошад, пас суръати полоиш ва шиддати ҳалшавӣ ба маротиб бештар мегардад. Пайдоиши чунин тарқишҳо бештар дар минтақаи «сарпӯши намак» (оголовок), инчунин дар қисмҳои болоии рӯи поёнӣ ва болоии қабати намак эҳтимол дорад.

Бо асоси ҳисобҳои овардашуда дар ҷадвали 8, паҳнои кушодшавии тарқишӣ дар тамос бо қабати намак  $V_x = 0,0005$  м = 0,5 мм  $V_x = 0,0005$  м = 0,5 мм  $V_x = 0,0005$  м = 0,5 мм ҳангоми градиенти ҷараён  $J = 0,1$  дар тамоми масофаи 100 м аз нуктаи воридшавии ҷараён ба вучуд меояд, дар давраи вақт, ки бо формулаи (3.10) муайян карда мешавад, яъне дар ҳолатҳои зерин [94, 96]:

1. Дар сурати набудани чораҳои муҳофизатӣ дар сарғаҳи қабати намак;

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot \chi}}} = \frac{0,0005 \cdot 2,2}{0,36 \sqrt{\frac{8,64 \cdot 10^{-5} \cdot 0,03}{3,14 \cdot 100}}} = 33 \text{ шаб}$$

2. Агар дар минтакаи сарғахи намак инъексияи қабатҳои кӯҳӣ анҷом дода шуда бошад.

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot \chi}}} = 106,1 \text{ шаб}$$

3. Ҳангоми шуста баровардани намак дар қабат то чуқурии 15 м ва иваз кардан бо бетон

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot \chi}}} = 336 \text{ шаб}$$

Суръатҳои ҷараёни моеъ дар тарқишҳои ҷинсҳои кӯҳӣ мувофиқи муодилаҳои /л.5/ барои речаи ламинарӣ ( $Re < Re_{кр}$ ) муайян карда мешаванд.

$$V_{тр} = \frac{g \cdot b^2 \cdot J}{12\nu(1 + \frac{A}{b})} \quad (3.12)$$

барои речаи турбулентӣ ( $Re < Re_{кр}$ )

$$V_{тр} = \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot J}{0,01(1 + \frac{B}{b})}} \quad (3.13)$$

ки ин ҷо,и:  $J = 0,1$  – градиенти миёнаи ҳаракати ҷараён дар тарқишҳо;  
 $m = 1,0$  – паҳноии тарқиши қабат;

$A$  ва  $B$  – параметрҳои гидравликии ноҳамворӣ, см (ниг. л.5, ҷадв.2).

$0 \leq A \leq 1$  см,  $0 \leq B \leq 6,8$  см;

$b$  – кушодагии тарқишҳо;

$g$  – тезониши озоди афтидан,  $m^2/c$ ;

$\nu$  – коэффитсиенти часпакии кинематикии моеъ.

$\nu = 0,0131 \text{ см}^2/\text{дақ} = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{дақ}$ .

Речаи ҳаракати ҷараён дар тарқишҳо бо роҳи муқоисаи адади воқеии Рейнолдс бо адади «шадид» Рейнолдс муқаррар карда мешавад, адади шадид бо формулаи В.Н. Жиленкова муайян карда мешавад:

$$R_{e \text{ кр}} = 600 \frac{b + A}{b + B} \quad (3.14)$$

ва адади воқеии Рейнолдс /L.7/

$$R_e = \frac{V \cdot R}{\nu} = \frac{V \cdot b}{2\nu} \quad (3.15)$$

ки дар ин ҷо,  $V$  – суръати аслии ҳаракати чараён дар тарқишҳо см/сон.

Ҳангоми пешгӯии шуста шудани қабати намак ба назар гирифта мешавад, ки ин раванди прогрессиявӣ мебошад ва андозаи кушодагии шикоф бо мурури замон пайваستا зиёд мегардад.

Ба ибораи дигар, методикаи ҳисоб кардани шусташавӣ чунин аст:

1. Андозаи кушодагии шикоф  $b_1$  барои давраи муайяни вақт  $t_1$  доимӣ қабул карда мешавад.

2. Суръати ҳаракати чараён дар шикоф  $V_{щ1}$  мувофиқи формулаи (3.12) барои кушодагии  $b_1$  муайян карда мешавад.

3. Андозаи кушодагии шикофҳо  $b_2$  мувофиқи формулаи (3.11) бо дарназардошти суръати  $V_{щ1}$  муайян карда мешавад.

4. Ҳангоми қабул кардани  $b_2 = \text{const}$  барои давраи вақт  $t_2$ , суръати ҳаракати чараён дар шикоф  $V_{щ2}$  мувофиқи формулаи (3.12) ё (3.13) вобаста ба речаи положиш ҳисоб карда мешавад.

5. Андозаи кушодагии шикофҳо  $b_3$  мувофиқи формула (3.11) бо дарназардошти суръати  $V_{щ2}$  муайян карда мешавад ва ғайра.

Ҳисоби шуста шудани қабати намак бо ин усул дар шакли ҷадвалӣ пешниҳод шудааст (ҷадвали 8).

Таъкид мекунем, ки ҳамаи ҳисобҳои мазкур (ҷадвал 7) дар асоси гумон дар бораи воридшавии озоди чараёни филтратсионӣ ба шикоф барои 1 п.м. пахноии шикофи қабат бо назардошти чуқурӣ ва дар нуқтаҳое, ки аз воридшавии чараён 100 м масофа доранд, гирифта шудаанд.

Андозаи кушодагии шикофро муайян мекунем, ки ба миқдори чараёни филтратсионӣ мувофиқ аст барои ҳар яке аз вариантҳо:

1. Дар ҳолати набудани тадбирҳои муҳофизатӣ:

$$b_1 = \sqrt[3]{\frac{120 \cdot Q_1}{J \cdot g \cdot 86400}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1,31 \cdot 10^{-6} \cdot 176}{0,1 \cdot 9,81 \cdot 86400}} = 3,21 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,21 \text{ мм}$$

2. Ҳангоми инъексияи чинсҳо дар сарғаҳи қабати намак;

$$b_2 = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,58 \text{ мм}$$

3. Ҳангоми шуста баровардани намак дар қабат то чуқурии то 15 м ва пур кардани чой бо бетон:

$$b_3 = 0,94 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,94 \text{ мм}$$

Баъдан вақти  $t$ -ро барои ҳар яке аз роҳҳо муайян мекунем, ки дар он кушодагии шикоф аз  $0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$  ба андозаи боло зикршудаи кушодагӣ табдил меёбад, бо шарт он, ки чараёни об, ки аз шикоф мегузарад, пурра то консентратсияи  $0,36 \text{ г/л}$  сер мешавад.

$$T_1 = \frac{b_1 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_1} = \frac{0,00321 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 176} = 0,01 \text{ шаб},$$

$$T_2 = \frac{b_2 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_2} = \frac{0,00158 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 21,2} = 0,046 \text{ шаб},$$

$$T_3 = \frac{b_3 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_3} = \frac{0,00094 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 4,5} = 0,128 \text{ шаб}.$$

Баъди ҳисобҳои минбаъда, андозаи шуста шудани намак дар нуқтае, ки аз воридшавии чараён ба шикофҳо  $100 \text{ м}$  масофа дорад, дар давоми  $1 \text{ сол}$  муайян карда мешавад (ҷадвали 9).

Бар асоси ҳисобҳои гузаронидашуда, ду роҳи ҳисоб кардани миқдори зарурии ҳалқини намак барои ҳифзи қабати намак баррасӣ карда мешаванд:

Роҳи 1. Дар минтақаи сарғаҳи намак корҳои инъексионӣ гузаронида намешаванд.

Дар ин ҳолат, коэффитсиенти полоиши чинсҳои минтақаи сарғаҳи намак  $0,3 \text{ м/рӯз}$  буда ва бо миёнаи баландии  $h = 10 \text{ м}$  миқдори маҳлули намак дар ин қабат чунин аст:

$$Q_{\text{общ.}} = 30 + 30 + 6,0 + 4,06 = 70,06 \text{ м}^3 / \text{шаб}.$$

Роҳи 2. Дар минтақаи сарғаҳи қабати намак корҳои инъексионӣ гузаронида шудаанд ва Кф чинсҳои атрофи қабати намак баробар ба  $0,03 \text{ м/рӯз}$  қабул карда шудааст. Дар ин ҳолат, миқдори ҳалқини намак, ки дарозии қабати намакро мегузарад, бо миёнаи чуқурии чараён дар ин минтақа ва  $K_f = 0,03 \text{ м/рӯз}$ , бо  $h = 10 \text{ м}$ , чунин хоҳад буд:

$$Q_{\text{мумӣ}} = 30 + 3,0 + 6,0 + 1,28 = 40,28 \text{ м}^3 / \text{шаб} \approx 40 \text{ м}^3 / \text{шаб}.$$

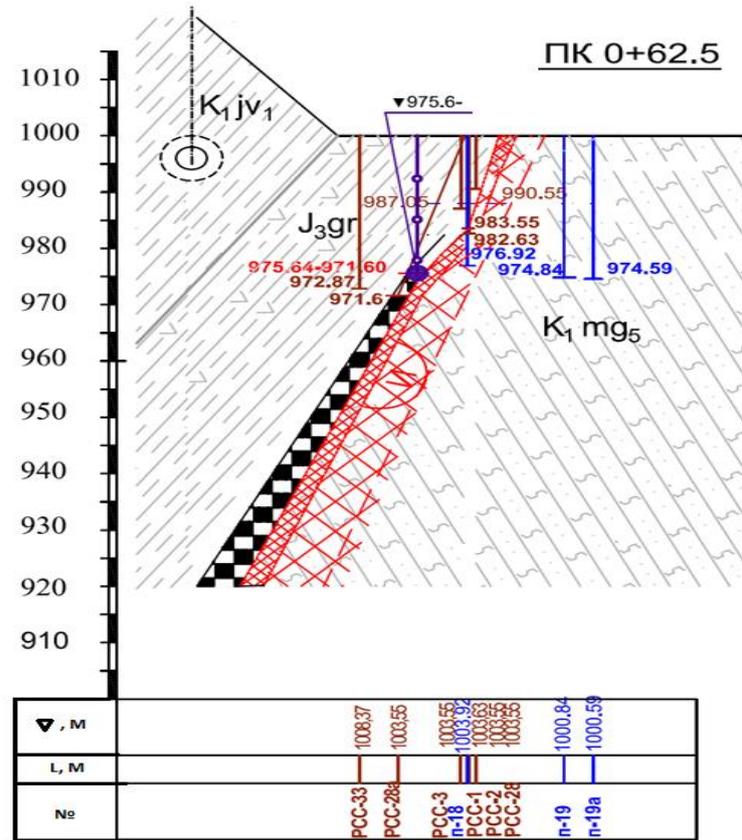
**Ҷадвали 9.** – Натиҷаҳои ҳисобкунии андозаи шуста шудани қаъри қабати намак дар масофаи 100 м пас аз 1 сол

Роҳҳо	Кушодашавии ибтидоии шикоф, м	T <sub>1</sub> = 30 шаб			T <sub>2</sub> = 30 шаб			T <sub>3</sub> = 30 шаб			ΣT = 360 шаб
		Q <sub>1</sub> м <sup>3</sup> / шаб	V <sub>1</sub> м/ шаб	b <sub>2</sub> м	Q <sub>2</sub> м <sup>3</sup> / шаб	V <sub>2</sub> м/ шаб	b <sub>3</sub> м	Q <sub>3</sub> м <sup>3</sup> / шаб	V <sub>2</sub> м/ шаб	b <sub>4</sub> м	Σb м
1. Дар мавриди набудани чораҳои химоявӣ	0,00321	176	5482 9	0,60 3	176	290, 3	0,044	176	270, 7	0,42	1,07
2. Ҳангоми инъексияи чинҳои сарғаҳи қабати намак	0,00158	21, 2	1341 8	0,29 8	21, 2	70,7	0,021 7	21, 2	66,0	0,20 9	0,53
3. Ҳангоми шустани (выщелачивании) намакҳо дар қабат то чуқурии 15 м	0,00094	4,5	4787	0,17 8	4,5	25,1	0,013	4,5	23,5	0,12 4	0,31 7

**Дар боби чорум** технологияи гузаронидани корҳои сементатсионӣ дар сарғаҳи қабати намак, таҳлили натиҷаҳои таҷрибаи сементатсия, таҳлили натиҷаҳои сементатсияи истеҳсоли дар сарғаҳи қабати намак, арзёбии сифати корҳои сементатсионӣ бо натиҷаҳои чуқуркунии сӯроҳҳои назоратӣ ва санҷиши гидравликӣ, таҳқиқи ҷойгиршавии фазои сарғаҳи қабати намак ва қувваи он бо маълумоти чуқуркунии ҷустуҷӯӣ ва методи назорати ҷараёнҳои ҷолоиш дар рӯди тарқиши Ёнахш оварда шудааст.

Яке аз роҳҳои ҳифзи сарғаҳи қабати намак аз шуста баровардан ва суффозия ҳангоми сохтмон ва истифодаи он ин сохтани сементатсияи зичи баланд дар сарпӯши қабат мебошад, ки дар натиҷа масъалаҳои кам кардани суръати ҷараёнҳои ҷолоиши дарозии қабати намак ва пешгирии рушди суффозияи механикӣ ва химиявӣ ҳал карда мешаванд.

Қисмати ҷойгиршавии сӯроҳҳои сементатсионӣ, назоратӣ ва пьезометрӣ дар расми 7 оварда шудааст



Расми 7. – Буриши сарғаҳи қабати намак дар ПК 0+62,5

Таҷрибаи сементатсияи чинсҳо, ки сарғаҳи қабати намакро фаро мегирифтанд, дар соҳили чапи дарёи Вахш дар моҳи июл-август соли 2009 гузаронида шуд. Чуқурии сӯроҳҳои таҷрибавии сементатсионӣ аз 6,5 м (сӯроҳи K5 дар пикет 0+48) то 48,0 м (сӯроҳи K25 дар пикет 2+76) буд.

Бар асоси натиҷаҳои санҷиши гидравликӣ, ки дар сӯроҳҳои таҷрибавии сементатсионӣ гузаронида шуд (фишордиҳӣ бо ҳалқини намак дар интервалҳои панҷметрӣ бо фишор аз 1,0 то 1,4 МПа), чинсҳои фарогири қабати намак (алевролитҳо ва аргиллитҳо) дар минтақаи сарғаҳи он асосан ҳамчун ҷараёнпазир муайян карда шуданд.

Ҳангоми паҳншавии арзишҳои ҷаббдаҳои хусусии ҳалқини намак аз 0,05 то 1,6 л/дақ × м<sup>2</sup>, дар 69 аз 87 интервали санҷидашуда (ҷадвали 10) арзишҳо аз 0,11 то 0,3 л/дақ × м<sup>2</sup> ба даст омаданд. Натиҷаҳои таҷрибавии сементатсионӣ барои чинсҳои чунин таркиби литологӣ мо, ба назар мерасад, каме ғайриоддӣ мебошанд.

Ҳангоми фишори сементатсионӣ то 2,0 МПа, дар 65 аз 88 интервалҳо ҷаббдаҳои семент барои 1 п.м интервал аз 500 кг зиёд буданд, аз ҷумла дар 28 интервал аз 1000 кг, бо арзишҳои максималӣ то 1756–1794,5 кг (ҷадвали 11).

**Ҷадвали 10.** – Таъсири арзишҳои ҷаббидаҳои хусусии ҳалқини намак дар интервалҳои кори сӯрохиҳои таҷрибавии сементатсионӣ

Қиматҳои ҷаббишҳои хос, л/дақ × м <sup>2</sup>	Миқдори интервалҳо бо чунин қиматҳо	% аз миқдори умумии интервалҳо
≤0,1	4	4,6
0,11-0,20	37	42,5
0,21-0,30	32	36,8
0,31-0,40	8	9,2
0,41-0,50	3	3,5
0,51-1,0	2	2,3
> 1,0	1	1,1
≤0,1	4	4,6
<0,21	41	47,1
<0,31	73	83,6
<0,41	81	93,1
<0,51	84	96,6
<1,0	86	98,6
<1,6	87	100

**Ҷадвали 11.** – Таъсири андозаи ҷаббидаҳои цемент барои 1 п.м дар интервалҳои кори сӯрохиҳои таҷрибавии сементатсионӣ

Миқдори ҷаббиши семент, кг ба 1 метри тӯлонӣ	Миқдори интервалҳо бо чунин қиматҳо	% аз миқдори умумии интервалҳо
≤100	2	2,3
101-300	6	6,9
301-500	16	19,0
501-1000	36	41,0
> 1001	28	31,8
≤101	2	2,3
<301	8	9,2
<501	24	27,3
<1001	60	68,2
<1794,5	88	100

Миқдори умумии семент, ки барои сементатсияи минтақаҳои корӣ бо дарозии 20 м дар 25 сӯрохиҳои таҷрибавӣ истифода шудааст, 375 711 кг ташкил додааст.

Дар бораи сифати қонёқунанда будани сементатсия, ба маълумоти зикршуда бояд илова кард, ки дар ҳамаи сӯрохиҳои назоратӣ, барои онҳо ҳуҷҷатҳои сахрой гирифта шудаанд (ин гуна сӯрохиҳо 28 адад), дар интервалҳои чуқуриё, ки бо гирифтани керн гузаштанд, будани сангҳои сементӣ дар баъзе қисматҳои керн сабт шудааст.

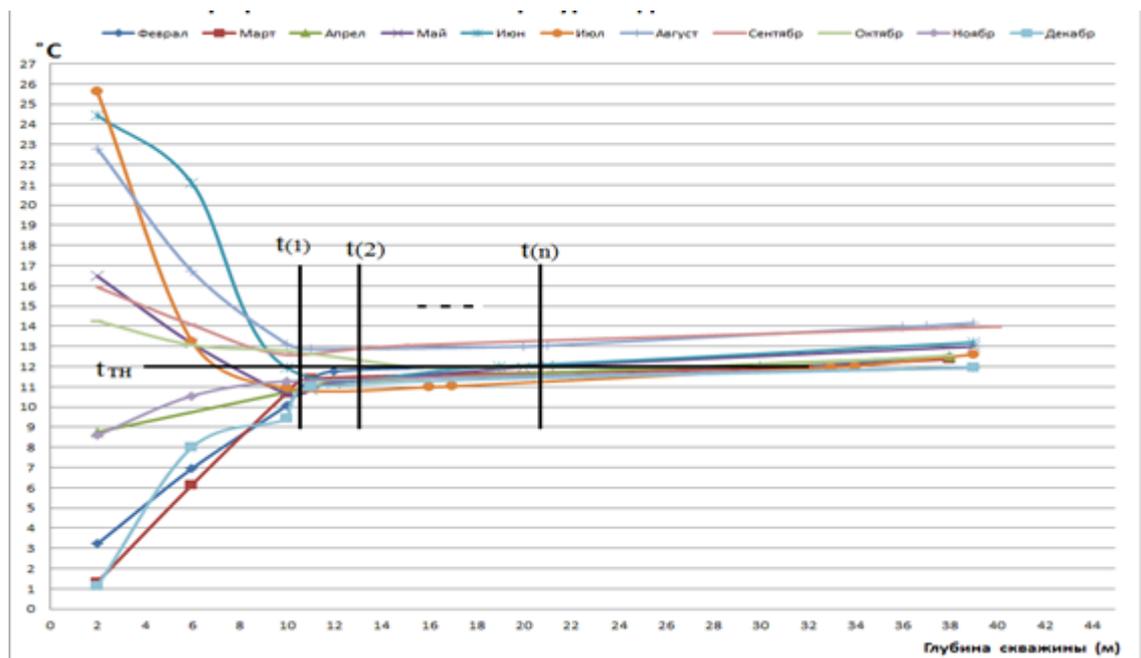
Ҷойгир будани сангҳои сементӣ дар керни сӯрохиҳои пиезометрӣ, ки аз меҳвари буриши сементатсионӣ то 12,5–17,5 м дур мебошанд, шаҳодат медиҳад, ки сементатсия дар баъзе қисматҳои шикофҳои дароз гузаронида шудааст. Мавҷудияти чунин тарқишҳои дароз дар масса ва паҳншавии ҳалқини сементатсионӣ аз рӯи онҳо, махсусан, тавассути ҳуҷҷатгузориҳои фото, ки дар нақби намакӣ дар моҳи январ 2010 иҷро шудааст, тасдиқ мегардад: тавассути баъзе сӯрохиҳои гузошташуда дар пӯшиши пӯлодӣ ҳангоми



карда шавад. Интиқоли масса ҳатман бо интиқоли гармӣ ҳамроҳӣ мекунад. Интиқоли гармӣ ҳангоми ҳаракати моеъи ламинарӣ ва турбулентӣ аз суръати полоиш вобаста аст. Чӣ қадаре ки суръати полоиш зиёд бошад, ҳамон қадар суръати интиқоли гармӣ ва суръати васеъшавии минтақаи ҳарорати паст зиёд мешавад.

Истифодаи назарияи интиқоли гармӣ ва масса имкон медиҳад, ки коэффитсиент ва суръати полоиш ҳангоми ҳаракати ламинарӣ ва турбулентии моеъ муайян карда шаванд. Интиқоли масса ҳатман бо интиқоли гармӣ ҳамроҳ мешавад. Интиқоли гармӣ ҳангоми ҳаракати ламинарӣ ва турбулентии моеъ ба суръати полоиш вобаста аст. Ҳар қадар суръати полоиш зиёд бошад, ҳамон қадар суръати интиқоли гармӣ ва суръати васеъшавии минтақаи ҳарорати паст зиёд мешавад.

Ҳаракати обҳои полоиш тавассути хок, чинсҳои саҳт ва дар тарқиши Ёнахш ҳамеша бо интиқоли гармӣ аз чинсҳои атроф ҳамроҳ аст. Агар ҳароратро дар ҷохи пезометр чен кунем, қимати пасттарини ҳарорат баробар ба ҳарорати ҷараёндиҳандаи гармӣ  $t(i)=t_{тн}$  мушоҳида мешавад (расм 10).



Расми 10. – Нақшаи тағйири ҳарорати об дар П-33

Истифодаи назарияи интиқоли гармӣ ва масса ва интиҳоб кардани буриши мушоҳидаӣ аз ҷуқурӣ аз нақби намакӣ дар тарқиши Ёнахш дар пояи обанбор имкон медиҳад, ки коэффитсиенти полоиш ба таври зерин муайян карда шавад:

$$K_i = \frac{\Delta h_{тн}}{\Delta T} \quad (4.4)$$

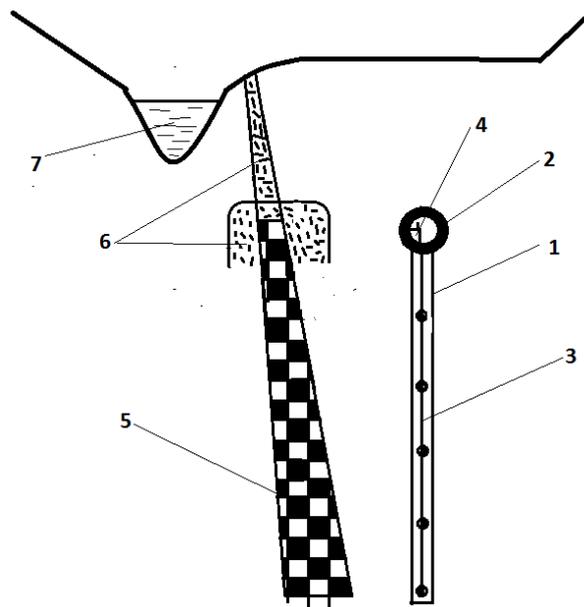
ки дар ин ҷо,  $\Delta h_{тн} = h(i+1) - h(i)$  фосилаи мутаносиби ҳарорат то ҳарорати ҷараёндиҳандаи гармӣ  $\Delta h_i$  ҳангоми зиёд шудани фишор дар обанбор;  $\Delta T = T(i+1) - T(i)$  – вақте, ки дар давоми он қимати  $\Delta h_{тн}$  сабт мешавад;  $i = 1 \div n$  – шохиси ҳосилшавии муодилаи эмпирикӣ.

Ҳаракати ҷараёнҳои ҷараёнӣ ва интиқоли гармӣ дар пояи қабати намак дар тарқиши Ёнахшро бо муодилаи зерин тавсиф кардан мумкин аст:

$$t(i) = a h(i) + b, \quad (4.5)$$

ки дар он:  $t$  - ҳарорат,  $h$  – васеъшавии минтақаи ҳарорати минималӣ, ки баробар ба ҳарорати ҷараёндиҳандаи гармӣ мебошад,  $a$ ,  $b$  – коэффитсиентҳои муодилаи эмпирикӣ,  $i = 1 \div n$  – шохиси ҷенкунӣ ва ҳосилкунии муодилаи эмпирикӣ.

Системаи барои муайян кардани хусусиятҳои ҷараёнӣ ва суръати концентратсияи ҷараёни дар тарқиши Ёнахш (расми 11) аз ҷоҳи амудии қитъаи 1-и мушоҳидашуда иборат аст, ки аз ҷоҳи намакин бо тахтаи оҳану бетони 2 ба поён парма карда шудааст, ки дар он 5 ҳисобкунаки ҳарорат бо қадами 10 метр 3, васл карда, семент карда мешавад, ки баромадҳои иттилоотии онҳо ба блоки бесими интиқоли маълумот дар наздикии ҷоҳи намак 4 пайваست карда шудаанд.



**Расми 11.** – Нақшаи ҷойгиркунии ҳисобкунакҳои ҳароратӣ дар ҷоҳи аз нақби намакӣ пармашуда (1-ҷоҳи бо корпуси металлӣ пушондашуда, 2- нақби намакӣ бо рӯйпӯши оҳану бетонӣ, 3-ҳисобкунакҳои ҳароратӣ дар ҳаҷми 5 адад, бо қадами 10 м, 4- блоки бееокили интиқоли натиҷаҳо, 5-қабати намак, 6-пардаи сементатсия, 7 – дарёи Вахш)

Дар нақби намак, ки ба тарқиши Ёнахш баробар ҷойгир аст, барои назорати пурра мушоҳидаҳои тағйирёбии ҳароратро дар ҳамвории амудӣ дар чуқурии якҷанд қитъа ташкил кардан мумкин аст. Азбаски майдони ҳарорат дар пояи нақб муътадил аст, дар он ҷое, ки манбаъҳои гармии беруна ба тағйирёбии он таъсир намерасонанд, ба ғайр аз мӯёи ҷараёндиҳандаи гармӣ (об), суръати ҷараёни концентратсияи обро хеле дақиқ ҷен кардан мумкин аст.

Азбаски дар нақшаи мушоҳидаи ҳарорат 5 ҳисобкунаки ҳарорат бо қадами 10 м гузошта шудааст, он гоҳ қимати байни нуқтаҳо бо муодилаи эмпирикӣ муайян карда мешавад:

$$t(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (4.6)$$

ки дар он:  $a_i, b_i$  - коэффитсиентҳои муодилаи эмпирикӣ мебошанд,

$h$  – чуқурии мушоҳидавӣ аз рӯйи пармачоҳҳо

$t$  - ҳарорат,

$i = 1 \div n$  – шохиси ҳосилшавии муодилаи эмпирикӣ,

$j = 1 \div 3$  – шохиси сатҳи ҳосилшавии муодилаи эмпирикӣ.

Муодилаи (4.6) ҳал намуда, минтақаи васеъшавии ҳароратро ба ҳарорати моеъи ҷараёндиҳандаи гармӣ  $t_{тн}$  муайян кардан ва пайгирӣ кардан мумкин аст,

$$h(i, j) = \frac{t(i, j) - b_i}{a_i}, \quad (4.7)$$

ки дар ин ҷо,  $t(i, j) = t_{тн}$ ,

$a_i, b_i$  – коэффитсиентҳои муодилаи эмпирикӣ,

$h(i, j)$  – чуқурии баробарсозии ҳарорат то ҳарорати ҷараёндиҳандаи гармӣ  $t_{тн}$ .

Вақте, ки ҳарорати моеъ ба нуқтаи  $T_1$  мерасад, пас ҳангоми ба даст овардани муодилаи эмпирикии сатҳи оянда нуқтаи  $T_1$  хорич карда мешавад. Ҳамин тариқ, афзоиши тадричан дар минтақаи ҳарорати ҷараёндиҳандаи гармӣ фарогирии нуқтаи  $T_1$  то нуқтаи  $T_5$ , пай дар пай нуқтаҳои ҳарорат ҳангоми ба даст овардани муодилаи сатҳи оянда хорич карда мешаванд.

Дар ҷадвали 12 нақша ва алгоритми ҳосилшавии пайдарпайи муодилаи эмпирикӣ ва истифодаи он оварда шудааст.

**Ҷадвали 12.** – Алгоритми ҳосилкунии пайдарпайи муодилаи эмпирикӣ ва истифодаи он

Микдори нуқтаҳо	$T_1 \div T_5$	$T_2 \div T_5$	$T_3 \div T_5$	$T_4 \div T_5$
Муодилаҳои эмпирикӣ	$t(i, 1) = a_i h(i, 1) + b_i$	$t(i, 2) = a_i h(i, 2) + b_i$	$t(i, 3) = a_i h(i, 3) + b_i$	$t(i, 4) = a_i h(i, 4) + b_i$
Роҳи ҳал	$h(i, 1) = \frac{t(i, 1) - b_i}{a_i}$	$h(i, 2) = \frac{t(i, 2) - b_i}{a_i}$	$h(i, 3) = \frac{t(i, 3) - b_i}{a_i}$	$h(i, 4) = \frac{t(i, 4) - b_i}{a_i}$
$\Delta h_{тн}$ ҳангоми $T(i+1) - T(i)$	$h(i+1, 1) - h(i, 1)$	$h(i+1, 2) - h(i, 2)$	$h(i+1, 3) - h(i, 3)$	$h(i+1, 4) - h(i, 4)$

Усули пешниҳодшуда ва системаи мушоҳида имконият медиҳад, ки суръати васеъшавии минтақаи ҳарорати паст дар сарғаҳи қабати намак муайян карда шавад, ки қад-қади тарқиши Ёнахш ба вучуд омадани полоиши концентратӣ шаҳодат медиҳад, ки барои обшавии сарғаҳи намак хавф дорад.

Усули муайян кардани коэффитсиенти полоиш дар ташаккули намак қад-қади тарқиши Ёнахш метавонад барои назорат кардани сифати сементатсияи сарғаҳи қабати намак тавассути кам кардани коэффитсиенти полоишӣ истифода шавад.

## ХУЛОСАҲО

### 1. Натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия

1. Усул ва дастгоҳи пешниҳодшудаи ченкунии кондуктометрии барқи обҳои минералии сершуда имкон медиҳад, ки ченкуниҳо ҳам дар агрегати маҳлул барои тайёр кардани маҳлули намакҳои сер ва ҳам дар ҳайати системаҳои автоматии ченкунӣ барои назорати доимии дараҷаи сер шудани маҳлули шӯр амалӣ карда шаванд [7–М, 8–М].

2. Ҳисобҳо, ки дар асоси моделсозии математикӣ оид ба ҳалшавии сарпӯши қабати намак гузаронида шуданд, як бори дигар зарурати таъсиси тадбирҳои муҳандисии муҳофизатӣ бар зидди суффозияро дар шакли сементатсияи зичкунӣ ва сақфӣ сарғаҳи қабати намакро тасдиқ мекунанд [7–М].

3. Дар натиҷаи санҷиши гидравликӣ дар пармачоҳҳои назоратӣ пас аз сементатсияи қабати намак муайян карда шуд, ки ба натиҷаи сементатсияи гузариши ибтидоии обгузаронии ҷинсҳо якҷанд маротиба кам шуда, таъминоти қимати хоси ҷаббиши об  $q = 0,05$  л/дақ м<sup>2</sup>, ки дар лоиҳа нишон дода шудааст, 80 фоизро ташкил медиҳад [1–М, 3–М, 4–М, 5–М, 9–М, 10–М, 13–М].

4. Назорати ҳарорати об дар тӯли кубури пезометрӣ дар пояи тарқиши Ёнахш, ки қабати намак аз он берун меояд, метавонад барои муайян кардани хусусиятҳои ҷинсҳои қабати намак ва ташаккули роҳи ҷинсҳои концентратсияшуда истифода шавад [1–М, 3–М, 4–М, 5–М, 9–М, 10–М, 13–М, 15–М].

5. Усули таҳияшуда, система ва формулаи ба даст овардашудаи коэффитсиенти ҷинсҳои имкон медиҳад суръати ҷинсҳои дар пояи тарқиши Ёнахшро муайян кард ва сифати сементатсия дар сарғаҳи қабати намакро баҳогузорӣ кард. [1–М, 3–М, 4–М, 5–М, 9–М, 10–М, 13–М, 15–М].

### 2. Таъсири оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

1. Усули кондуктометрӣ ва дастгоҳи ченкунии гузариши барқии обҳои серминерализатсияшуда барои назорати пайвастаи сатҳи минерализатсияи маҳлули сершудаи намак дар технологияи гуногуни химиявӣ ва дар таркиби комплекси автоматикӣ таъсия дода мешавад.

2. Модели математикӣ таҳияшуда метавонад барои ҳисоб кардани ҳалшавии сангҳои осон ҳалшаванда ва таҳияи тадбирҳои муҳандисии муҳофизатӣ бар зидди суффозия дар асоси сарбанд истифода шавад.

3. Усули назорати ҳарорати об дар кубурҳои пезометрӣ дар пояи тарқиши Ёнахш метавонад барои муайян кардани роҳи ҷинсҳои концентратсияшуда дар пояи тарқиши Гулизиндон истифода шавад.

4. Усули таҳияшуда, система ва формулаи коэффитсиенти ҷинсҳои дар пояи тарқиши Ёнахш метавонанд барои назорати сифати сементатсия дар ҷинсҳои ҳалшаванда истифода шаванд.

## РҶҶҲАТИ АДАБИЁТИ ИСТИФОДАШУДА

- [1].Адамович А.Н., Колтунов Д.В. Цементация оснований гидросооружений. -М.- Л.: Энергия, 1964. – 320 с.
- [2].Алесковский В.Б. Физико-химические методы анализа / В.Б. Алесковский -Л.: Химия, 1988. – 376 с.
- [3].Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. -М.: Высшая школа, 1975. – 568 с.
- [4].Артемкина Ю.М. Электропроводность концентрированных растворов некоторых ионных жидкостей в ацетонитриле / Ю.М. Артемкина, Н.В. Плешкова, К.Р. Седдон, В.В. Щербаков // Успехи в химии и химической технологии, Т. 22. -М.: -2008. -№3. – С.49-52.
- [5].Букреев Д.В. Адаптивный высокочастотный бесконтактный микропроцессорный кондуктометр // Дисс. ... канд. техн. наук. -Тамбов: ТГТУ, 1999. -137 с.
- [6].Геофизические методы исследования / Под ред. В.К. Хмелевского. - М.: Недра, 1988. -395 с.
- [7].Герасимов Б.И. Современное состояние и перспективы развития высокочастотной бесконтактной кондуктометрии в промышленности по производству минеральных удобрений / Б.И. Герасимов, С.В. Мищенко, В.Ю. Смирнов и др. -М.: НИИТЭХИМ, 1989. – 29 с.
- [8].Грилихес М.С. Контактная кондуктометрия. Теория и практика метода / М.С. Грилихес, Б.К. Филановский. -Л.: Химия, 1980. -176 с.
- [9].Давлатшоев С.К, Сафаров М.М. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС. –Душанбе: Ирфон, 2017. – 236 с.
- [10].Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях. Вестник технологического университета. -Казань, Т. 20, №18, 2017. – С.45-51.
- [11].Давыдов В .В., Белоусов Ю.И. Химический способ укрепления горных пород. -М.: Недра, 1977. – 288 с.
- [12].Делахей П. Новые приборы и методы в электрохимии / П. Делахай. -М.: Иностранная литература, 1957. – 510 с.
- [13].Дмитриевич И.Н. Физико-химические методы анализа. Ч. 1. Электрохимические методы анализа / И.Н. Дмитриевич, Г.Ф. Пругло, О.В. Федорова, А.А. Комиссаренко. -СПб.: СПбГТУРП, 2014. – 78 с.
- [14].Заславский Ю.З., Лопухин Б.А., Дружко Е.Б., Качан И.В. Инъекционное упрочнение горных пород. - М.: Недра, 1984. – 176 с.
- [15].Ибрагимов М.Н., Семкин В.В., Шапошников А.В. Цементация грунтов инъекцией растворов в строительстве. –М.: Изд-во АСВ, 2017. – 265 с.
- [16].Кагиров А.Г. Разработка и реализация импульсного способа контактной кондуктометрии с треугольной формой питающего напряжения // Автореф. ... канд. техн. наук. -Томск: НИТПУ, 2013. – 22 с.
- [17].Камбефор А. Инъекция грунтов.- М.: Энергия, 1971. – 333 с.
- [18].Комиссаренков А. А. Кондуктометрия и высокочастотное титрование: учебно-метод. пособие / А.А. Комиссаренков, Г. Ф. Пругло. - СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2009. – 42 с.

- [19].Латышенко К.П. Разработка метода и создание автоматического кондуктометрического прибора контроля степени промывки изделий из латекса // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1982. – 210 с.
- [20].Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа / Б.А. Лопатин. -М.: Высшая школа, 1975. -296 с.
- [21].Малаханов В.В. Использование температурных пьезометрических наблюдений для мониторинга состояния грунтовых плотин // Вестник МГСУ. М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2012. №3. – С.79-89.
- [23].Маркин Н.В. Исследование бесконтактного высокочастотного метода и разработка устройств контроля электропроводности электролита // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1985. – 188 с.
- [24].Первухин Б.С. Универсальные прецизионные лабораторные кондуктометры на базе микропроцессорной техники // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1988. – 192 с.
- [25].Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы / В.П. Преображенский. -М.: Энергия, 1978. – 704 с.
- [26].Трупак Н.Г. Цементация трещиноватых пород в горном деле.-М.: Металлургиздат, 1956. – 420 с.
- [27].Фазылов А.Р. Законодательная база в области безопасности гидротехнических сооружений в Таджикистане. Водные ресурсы, энергетика и экология. 2021. Т. 1. № 3. – С.9-17.
- [28].Фатеев Д.Е. Разработка и исследование микропроцессорного трансформаторного кондуктометра, работающего по принципу жидкостного витка // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МГУЭИ, 2010. – 167 с.
- [29].Фоменко Н.Е., Холодков Ю.И. Практикум по физике земли. – Ростов-на-Дону: Юж. Федер. Унвер-т, 2013. – 59 с.
- [30].Хасанов Н.М. Джалалдинов М. Расчет напряженно-деформированного состояния водопропускного сооружения // Вестник, ТНУ - Душанбе: ТНУ, 2015. – №1/1(156). – С.119-123.
- [31].Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И., Шевнин В.А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геологических специальностей вузов / Под редакцией Н.И. Селиверстова. -Петропавловск-Камчатский: изд-во КГПУ, 2004. – 232 с.
- [32].Худякова Т.А. Теория и практика кондуктометрического и хронокондуктометрического анализа / Т.А. Худякова, А.П. Крешков. -Л.: Химия, 1976. – 304 с.
- [33].Шауб Ю.Б. Кондуктометрия / Ю.Б. Шауб. -Владивосток: Дальнаука, 1996. – 488 с.
- [34].Щербаков В.В. Электропроводность концентрированных водных растворов пропионовой кислоты, пропионата натрия и их смесей / В.В. Щербаков, Ю.М. Артемкина, Т.Н. Пономарева // Электрохимия, т. 44. -2008. -№10 – С.1275-1280.

## ИНТИШОРОТ АЗ РҶӢИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

### а) Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои тақризшаванда ва эътирофнамудаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр гардидаанд:

[1–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Усули назорати чараёни поилоиш дар асоси сарбанд [Матн] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., // Паёми Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон №2 (53). – Душанбе, с. 2023, – С. 15-25. - ISSN 2707-8000.

[2–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т. **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.// Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(3). - Душанбе, 2023 г, – С. 67-73. - ISSN 2789-0953.

[3–М]. **Шамсуллоев Ш.А.**, Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотины [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Тоирзода С.Т. Мирзоева Б.М., Чакалова С.Х. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(2). - Душанбе, 2023 г, – С. 73-82. - ISSN 2789-0953.

[4–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Разработка метода контроля сосредоточенной фильтрации вдоль Ёнахшского разлома [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.** // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(1). - Душанбе, 2025 г, – С. 54-62. - ISSN 2789-0953.

[5–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля качества уплотнительной и козырьковой цементации оголовка солевого пласта вдоль Ёнахшского разлома [Матн] / **Шамсуллоев Ш.А.** // Маҷаллаи назариявӣ ва илмию истеҳсолии “Кишоварз”-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур №2 (107). – Душанбе, с. 2025, – С.149-154. - ISSN 2074-5435.

[6–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Выбор экспресс метода и прибора контроля качества приготовления насыщенного солевого раствора [Матн] / **Шамсуллоев Ш.А.** // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара, бахши илмҳои табиӣ №2 (32). – Данғара, с. 2025, – С.132-145. - ISSN 2410-4221.

[7–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Математическое моделирование интенсивности конвективно-диффузионного растворения солевого пласта [Текст] / **Шамсуллоев Ш.А.** Давлатшоев С.К., Азизов З.Б. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(2). - Душанбе, 2025 г, – С. 60-67. - ISSN 2789-0953.

### б) Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои дигар нашр гардидаанд:

[8–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля гидрогеохимического режима водорастворимого основания высоконапорной плотин [Текст] / Давлатшоев С.К., Сафаров М.М., **Шамсуллоев Ш.А.**// Материалы Тринадцатой Международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии». – Душанбе -Тамбов – 2022 г., – С. 96-101.

[9–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Контроль изменения геотемпературного поля в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М. // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», часть III. Естественные науки. - Душанбе, 2023 г., – С. 237-243.

[10–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля пути сосредоточеной фильтрации в основании плотины [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М.// Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ». – Душанбе, 2023 г., – С. 136-139.

[11–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля изменения скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.// Материалы международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения». – Душанбе, 2023 г., – С. 162-168.

[12–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Ченкуниҳои геодезӣ: андозаҳо ва хатогиҳои ҳангоми сохтмони иншооти гидротехникӣ [Матн] / Тоирзода С.Т., Расулов Х. Ш., **Шамсуллоев Ш.А.**// Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар робита бо раванди таҳсилот ва истеҳсолот”. - Данғара, с. 2024, – С. 356-362.

#### в) Шаҳодатномаҳои муаллифӣ

[13–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Тарз ва дастгоҳ барои муайян кардани коэффисенти филтратсия дар пояи сарбанд [Патент] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М., Тоирзода С.Т., Чакалов С.Х.// Патент № ТҶ 1406 Ҷумҳурии Тоҷикистон, МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24. № 2301802, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 5.

[14–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Тарз ва дастгоҳ барои муайян кардани суръати об дар нақбҳо [Патент] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., **Шамсуллоев Ш.А.**, Чакалов С.Х.// Патент № ТҶ 1407 Ҷумҳурии Тоҷикистон, МПК G 01 P 5/18, E 21 B 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 4.

[15–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Способ и устройство для определения коэффицент филтратсии в основании плотины [Патент] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М. Тоирзода С.Т., Чакалов С.Х. // Евроазийский патент на изобретение № 048700, завл. №202392867; дата под. завл 12.10.2023 г; дата выд. Патента: 26.12.2024.

#### г) Дастурҳои методӣ

[16–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Роҳнамо оид ба иҷрои кори курсӣ аз фанни иншооти гидротехникӣ, барои донишҷӯёни ихтисоси 1-70040101 – сохтмони гидротехникӣ (васоити таълимӣ) [Матн] / Тоирзода С.Т., Саидзода М.М., Аҳмадов М., Неъматзода Д.С., **Шамсуллоев Ш.А.**// ДДД. – Душанбе, с. 2023. – С. 52.

[17–М]. **Шамсуллоев Ш.А.** Роҳнамо оид ба иҷрои кори мустақилонаи донишҷӯ бо роҳбарии омӯзгор (КМРО) аз фанни ташкил ва технологияи корҳои сохтмони гидротехникӣ (дастури таълимӣ-методӣ) [Матн] / Тоирзода С.Т., Саидзода М.М. Неъматзода Д.С., **Шамсуллоев Ш.А.**, Абдуллозода Ё.Ш.// ДДД. - Душанбе, с. 2023. – С. 56.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА  
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

УДК: 626/627(575.3)

*На правах рукописи*



**АБДУЛЛОЗОДА Шодмон Абдулло**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ЦЕМЕНТАЦИИ ОГОЛОВКА СОЛЕВОГО ПЛАСТА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

Душанбе – 2026

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

**Научный руководитель:** **Давлатшоев Саломат Каноатшоевич**  
кандидат технических наук, доцент  
ведущий научный сотрудник Института  
водных проблем, гидроэнергетики и  
экологии Национальной академии наук  
Таджикистана

**Официальные оппоненты:** **Хасанзода Нурали Мамед**  
доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Основания,  
фундаменты и подземные сооружения»  
Таджикского технического университета  
имени академика М.С. Осими

**Рахманов Азим Абдуллаевич**  
кандидат технических наук, доцент,  
старший научный сотрудник лаборатории  
«Сейсмостойкость зданий и сооружений»  
Института геологии, сейсмостойкого  
строительства и сейсмологии  
Национальной академии наук  
Таджикистана

**Ведущая организация:** Институт энергетики Таджикистана

Защита диссертации состоится 14 мая 2026 года в 09:00 часов на заседании диссертационного совета 6D.КOA-059 при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734025, г. Душанбе, ул. Бофанда, 5/2, E-mail: info@imoge.tj

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке на сайте Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии наук Таджикистана [www.imoge.tj](http://www.imoge.tj)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 года.

**Ученый секретарь**  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук



**Шаймурадов Ф.И.**

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** В мире функционируют более 60 тыс. гидроузлов с водохранилищами. Они предназначены для ирригации, выработки электроэнергии, регулирования стока, судоходства и рекреации.

Данные международной статистики и события последних лет показывают, что гидроузлы подвержены реальной опасности повреждений и разрушений. В разных странах мира имели место катастрофические происшествия на водоподпорных сооружениях.

Аварии на гидротехнических сооружениях, известные в мировой практике, нередко происходят из-за карстования пород основания. Это часто связано с тем, что изыскания и мониторинг были проведены некачественно, не позволив обнаружить карстующиеся породы, или же не были предприняты должные противосуффозионные мероприятия.

Строительство плотин на основаниях из водорастворимых карбонатных пород стало стандартной практикой. Однако Рогунская плотина представляет собой исключительный случай, поскольку ее основание сложено каменной солью.

Безопасность плотин на растворимых породах напрямую зависит от правильного выбора мер по их защите от растворения.

Одним из противосуффозионных мероприятий по защите солевого пласта от растворения предусмотренным проектом, является цементация оголовка солевого пласта с целью ликвидации пути формирования сосредоточенной фильтрации в дол солевого пласта. Контроль качества цементации оголовка солевого пласта и определения пути формирования сосредоточенной фильтрации является актуальной задачей.

**Степень изученности темы диссертации.** В области теории создание методов и аппаратуры для исследования водных минерализованных растворов внесли большой вклад учёные: Ю.Б. Шауб [32], Б.А. Лопатин [20], Т.А. Худяков [31], Л.И. Антропов [3], Б.С. Первухин [23], В.П. Преображенский [24], В.Б. Алесковский [2], В.В. Щербаков [33], К.П. Латышенко [19], А.А. Комиссаренков [18], А.Г. Кагиров [16], М.С. Грилихес [8], П. Делахей [12], И.Н. Дмитриевич [13], Ю.М. Артемкина [4], Н.В. Маркин [22], Б.И. Герасимов [7], Д.Е. Фатеев [27], Д.В. Букреев [5] и др.

В работах учёных: А.Н. Адамовича [1], Д.В. Колтунова [1], Б.А. Лопухина [14], Ю.З. Заславского [14], В.В. Семикина [15], М.Н. Ибрагимова [15], Ю.И. Белоусова [11], В.В. Давыдова [11], А. Камбефора [17], Н.Г. Трупака [25] и других обобщён большой опыт по разработке теории химического способа уплотнения и упрочнения горных пород и цементации трещиноватых пород.

В области геотермических исследований можно отметить работы учёных: В.К. Хмелевского [30], Н.Е. Фоменко [28], В.В. Малаханова [21] и др.

Проблемам повышения безопасности гидротехнических сооружений в сложных геологических условиях в Таджикистане посвящены труды таджикских учёных и исследователей А.Р. Фазылова [26], Н.М. Хасанзода [29], М.М. Сафарова [9] и др.

Также в Таджикистане в области разработки методик и аппаратуры кондуктометрического и геотермического исследований можно отметить работы Давлатшоева С.К. [10].

### **Связь темы диссертации с научными программами.**

Диссертационная работа выполнялась с учетом положений «Концепции развития отраслей топливно-энергетического комплекса Республики Таджикистан на период 2003-2015 гг.», «Программы по эффективному использованию гидроэнергетических ресурсов и энергосбережению на 2012-2016 гг.», «Программы использования возобновляемых источников энергии на 2007-2015 гг.», темы НИР ГР 0120ТJ01028 «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**

**Основная цель диссертационной работы** – совершенствование методов контроля солевого раствора, качества цементации оголовка солевого пласта.

Для достижения названной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбор метода контроля насыщенного солевого раствора в растворном узле.
2. Разработка математической модели и метод практического расчёта растворения солевого пласта при формировании пути сосредоточенной фильтрации.
3. Анализ технологии цементации оголовка солевого пласта гидроопробованием контрольных скважин для определения качества цементационных работ.
4. Разработка метода оценки качества цементации в оголовке солевого пласта.

**Объект исследования** – солевой пласт выходящий по Ионахшскому разлому.

**Предмет исследования** – оценка качества цементации оголовка солевого пласта.

**Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Выбраны методы контроля качества насыщенного солевого раствора в растворном узле для подготовки цементационного раствора.
2. Разработана математическая модель и метод практического расчёта растворения солевого пласта при формировании путей сосредоточенной фильтрации.
3. Произведён анализ технологии цементации оголовка солевого пласта гидроопробованием контрольных скважин для определения качества цементационных работ.
4. Разработан метод оценки качества цементации в оголовке солевого пласта.

**Теоретическая и научно-практическая значимость работы заключается в:**

- выборе и обосновании метода контроля насыщенного солевого раствора в растворном узле для подготовки цементационного раствора.

- разработке математической модели и методики практического расчёты растворения солевого пласта при формировании путей сосредоточенной фильтрации.

- разработке метода оценки качества цементации в оголовке солевого пласта по изменению температурного поля.

**На защиту выносятся:**

1. Методы контроля качества насыщенного солевого раствора в растворном узле для подготовки цементационного раствора.

2. Математическая модель растворения солевого пласта при формировании путей сосредоточенной фильтрации и метод практического расчёта.

3. Геотермический метод оценки качества цементации в оголовке солевого пласта по состоянию изменения теплового поля.

**Степень достоверности результатов.** В процессе проведения полевых геологических геофизических экспериментов в левобережной части Рогунской ГЭС Ионахшского разлома, где выходит наружу солевой пласт, полученные результаты количественно и качественно согласуются с экспериментальными данными по ранее выполненными полевыми геологическими геофизическими исследованиями. Полевые геологические и геофизические работы проводились методами бурения скважин и отбора кернов, кондуктометрическим и термометрическими приборами.

**Соответствие диссертации паспорту специальности.** Диссертация соответствует формуле специальности 2.1.8. 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; разработка конструкций грунтовых плотин для работы в суровых климатических условиях; создание новых методов прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций, складывающихся в результате аварий подпорных сооружений; научное обоснование перспективных направлений ремонта, реконструкции и эксплуатации земляных плотин»;

- 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 автора.** Автором сформулированы и поставлены цели исследований, обобщены результаты режимных геофизических исследований предыдущих лет, выбраны и обобщены методы контроля качества насыщенного рассола, разработана математическая модель растворения оголовка солевого пласта и метод расчёта при формировании путей сосредоточенной фильтрации, разработан метод оценки качества цементации оголовка соли.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации были доложены и обсуждены на международных и республиканских научно-практических конференциях (НПК): тринадцатой Международной теплофизической школы

«Теплофизика и информационные технологии» на базе ИВП, ГЭиЭ НАНТ и ТТУ им. академика М.С. Осими, Душанбе, -Тамбов, 2022, международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережение», г.Душанбе, Республика Таджикистан, 2023, материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», Часть III. Естественные науки. Душанбе, 2023, республиканская научно-практическая конференция (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ», Душанбе, 2023, научный семинар «Анализ результатов и совершенствование контроля качества работ по цементации оголовка солевого пласта», ДГУ, Дангара, 2024, международная научно-практическая конференция на тему «Развитие математических, точных и естественных наук и их связи с образованием и производством», Дангара, 2024.

**Публикации.** Основное содержание диссертации отражено в 18 печатных работах, в том числе 7 рецензируемых журналах из перечня ВАК при Президенте РТ, 2 малых патентах Республики Таджикистан, 1 Евроазиатском патенте, а также в 5 статьях, опубликованных в сборниках международных, республиканских научных конференция и в 2 учебных пособиях. 1 работа написана и опубликована автором единолично.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, рекомендаций, списка литературы, включающего 125 библиографических ссылок диссертация изложена на 166 стр., из них 145 стр. основного текста, включающего 23 таблицы и 36 рисунков. Приведены также 5 приложений на 5 страницах.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследований, 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 личном вкладе автора в исследуемую проблему.

**В первой главе** представлены статистический и ретроспективный обзор разрушенных плотин в мире, обзор плотин, построенных на растворимых породах, обзор методов кондуктометрического измерения, геологические и гидрогеохимические условия в зоне залегания пласта соли в основании плотины Рогунской ГЭС.

В мире функционируют более 60 тыс. гидроузлов с водохранилищами. Они предназначены для ирригации, выработки электроэнергии, регулирования стока, судоходства, рекреации и т. п. Мировая статистика по произошедшим авариям свидетельствует о реальной опасности разрушения гидроузлов. Катастрофические аварии на плотинах в США (Биг Томпсон, Каньон Лейк, Сен Френсис, Титон), Франции (Мальпассе) и Италии (Грено и Вайонт) демонстрируют потенциальный масштаб бедствий.

В таблицах ниже приведена статистика по частоте причин возникновения аварий ГТС (таблица 1-2) и по частоте возникновения аварий на плотинах разных типов.

**Таблица 1.** – Частота различных причин аварий гидротехнических сооружений, сопровождающихся образованием волны прорыва

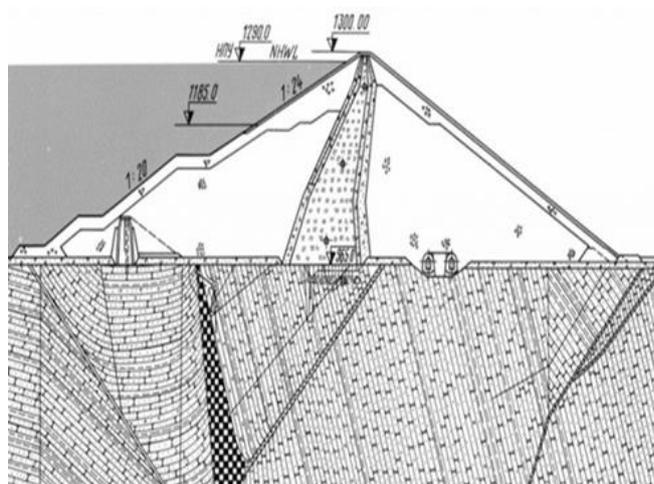
<b>Причина разрушения</b>	<b>Частота, %</b>
Разрушение основания	40
Недостаточность пропускной способности водосбросов	23
Конструктивные недостатки	12
Неравномерная осадка	10
Высокое пороговое (капиллярное) давление в намытой плотине	5
Военные действия	3
Сползание откосов	2
Дефекты материалов	2
Землетрясения	1
Неправильная эксплуатация	2
<b>ВСЕГО:</b>	<b>100</b>

**Таблица 2.** – Частота аварий для различных типов плотин

<b>Тип плотины</b>	<b>Аварии, %</b>
Земляная плотина	53
Защитные дамбы из местных материалов	4
Бетонная гравитационная	23
Арочная железобетонная	3
Плотины других типов	17
<b>ВСЕГО:</b>	<b>100</b>

Строительство гидротехнических сооружений на карбонатных гипсоносных породах является известной практикой в мировом гидростроительстве. Среди наиболее крупных и показательных проектов – Камский гидроузел, Тбилисская и Ереванская плотины, Байпазинский гидроузел и Рогунская ГЭС.

В пределах 400-500 метров от оси плотины Рогунской ГЭС, в зоне верхнего бьефа и под верховым клином плотины, наблюдается следующее геологическое строение: нижнемеловая толща залегает в согласии с подстилающими ее отложениями верхней юры. Эти Юрские породы включают в себя около 20 метров аргиллитов и солевой пласт. Важно отметить, что эти слои непосредственно примыкают к Ионахшскому разлому, который пересекает реку под углом около 30 градусов (рисунок 1). Наблюдается шов разлома, который прослеживается параллельно слоистой структуре пород нижнего мела и верхнеюрских отложений, и имеет такое же направление падения. В результате этого, толщина соляного пласта варьируется в пределах от 1 до 10-12 метров в среднем, и наблюдается его увеличение на 15 метров на каждые 100 метров пройденной глубины.



б

**Рисунок 1.** – Проект Рогунской ГЭС: возведения плотины первой очереди (а) и разрез основной плотины (б)

Оценка уровня минерализации в основании гидротехнических сооружений, расположенных на растворимых геологических формациях, осуществляется посредством кондуктометрического анализа. Данный метод базируется на определении удельной электрической проводимости (УЭП) анализируемых электролитных растворов. Электрическая проводимость представляет собой способность жидких сред к проведению электрического тока под воздействием электростатического поля, причем переносчиками заряда в электролитах выступают ионы.

Кондуктометрические измерения – это доступный и надежный электрохимический метод, который не требует больших затрат электрической энергии. Он широко применяется для оценки качества и степени минерализации различных жидкостей, основываясь на измерении их удельной электропроводности (УЭП).

**Во второй главе** приведены обзор и выбор варианта инженерной защиты солевого пласта, анализ работы временной установки для приготовления и очистки рассола, описание временной установки и исследование качества рассола, исследования качества рассола на временной установке, исследование влияния промывки фильтров на крупность взвеси в рассоле, исследования по очистке рассола от частиц размером более 25 мкм с помощью патронного фильтра, исследование коррозии трубопроводов рассола, оценка степени минерализации насыщенного солевого раствора кондуктометром и геотермический метод исследования скважин.

В рассматриваемых вариантах граница защищаемой зоны принималась по данным модельных исследований общей протяженности 1100 м вдоль Ионахшского разлома, в т.ч. 500 м по левому и 600 м по правому берегам, на глубину 70-100 м в проекте до 200 м на ранних стадиях проектирования.

1. *Изменение коэффициента фильтрации вмещающих пород* предусматривает цементацию пород вокруг оголовка солевого пласта, главным образом, его надсолевой, разуплотненной части. Это мероприятие способствует выравниванию, осреднению водопроницаемости пород около оголовочного

пространства, и, как показали результаты расчетов, на общую картину фильтрации в рассматриваемой зоне практически никакого влияния не оказывает.

Вариант рассматривался только как дополнительное мероприятие к принятому техническому решению.

### *2. Замещение пласта соли неразмываемым материалом.*

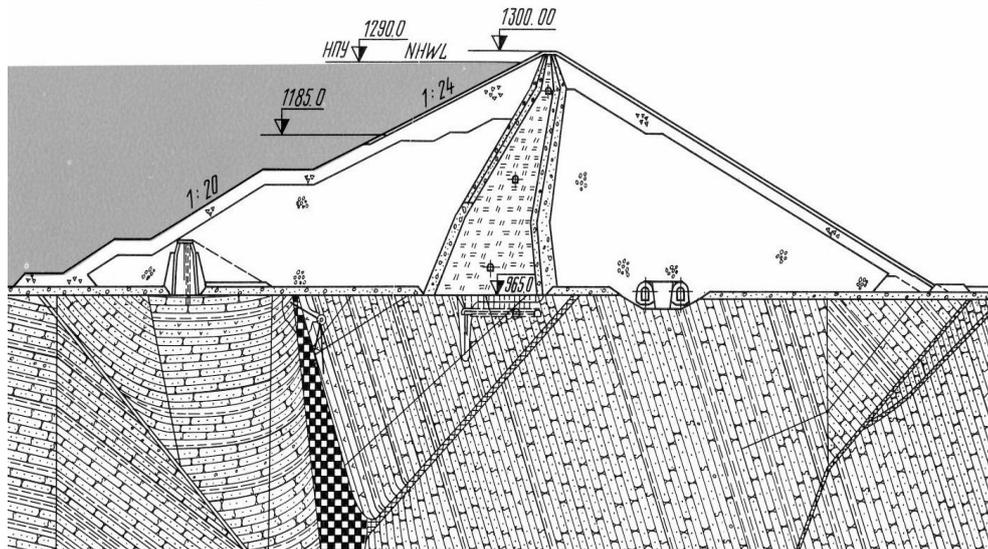
Сущность варианта заключается в замене части пласта соли на участке защиты (1100 м) на заданную глубину бетоном на расширяющемся цементе или другим прочным неразмываемым материалом. Вариант рассматривался с разработкой пласта соли горным способом и выщелачиванием с заполнением размытых пазух и полостей через скважины. На стадии ТЭО глубина замещения принималась до 200 м, на стадии проекта – до 70-100 м.

### *3. Изменение градиентов фильтрационного напора в зоне активного потока у соляного пласта.*

В соответствии с утвержденным проектом (рисунок 2), на участке длиной 1100 м вдоль Ионахшского разлома будет реализован комплекс мероприятий, включающий:

**Гидравлическую завесу:** Создание ряда напорных скважин, расположенных за соляным пластом и достигающих практического водоупора.

**Солевою завесу:** Размещение между соляным пластом и гидравлической завесой дополнительных напорных скважин, предназначенных для дозированной подачи солевого рассола.



**Рисунок 2.** – Продольный разрез основной плотины основания Рогунской ГЭС

Фильтрационный поток из водохранилища в сторону нижнего бьефа начинает формироваться от напорных гидравлических скважин, минуя оголовки и низовую грань солевого пласта.

Формирование солевого шлейфа вдоль нижней границы солевого пласта осуществляется посредством подачи солевого рассола через ряд напорных скважин. Высокая плотность данного шлейфа является барьером для диффузионного растворения и конвективного переноса солей. Совокупность факторов, включающих значительный удельный вес рассола, ориентацию пласта в сторону нижнего бьефа и гидродинамическое взаимодействие между солевым и

пресным потоками из напорных скважин, обеспечивает плотное прижатие солевого шлейфа к соляному пласту и его направленное смещение вниз.

**Описание временной установки.** В настоящее время на Рогунской ГЭС действует временная установка по подготовке рассола.

Привозная соль поступает в бункер, затем через вибратор в растворомешалку РМ-2000. Рассол перемешивают в течении 1,5 часа. Контроль концентрации осуществляется с помощью ареометра. Плотность готового рассола должна быть 1,21.

Из растворомешалки рассол перекачивается в приемный бак  $V=100 \text{ м}^3$ . Здесь производится корректировка концентрации рассола. Далее раствор попадает в вертикальные отстойники (2 шт.), предназначенные для предварительной очистки рассола от грубодисперсных примесей при хранении. Отстойником служит емкость по ТП 704-1-150 С «Стальной вертикальный цилиндрический резервуар для нефти и нефтепродуктов емкостью  $200 \text{ м}^3$ ». Альбом I., с разрезанным объемом по  $100 \text{ м}^3$ .

Предварительно осветленный рассол по двум трубам подается на фильтры типа «Струя» (2 шт.). Фильтр принят по типовому проекту №901-377. Основные параметры: -диаметр- 1,0 м, площадь  $0,79 \text{ м}^2$  высота слоя воды над загрузкой – 0,9 м. Загрузка-кварцевый песок с размерами частиц по  $d_{\text{ЭКВ}} 0,3-0,4 \text{ мм}$ . Минимальная крупность – 0,25 мм, максимальная – 1,0 мм. Сетка медная (1x1) между сетками два слоя стеклоткани, гравий-1 слой.

Осветление происходит по принципу сверху вниз.

Промывка: -продолжительность – 6-8 мин, интенсивность 12-14 л/с на  $\text{м}^2$  расход воды –  $4,0-5,0 \text{ м}^3$ . Промывка осуществляется обратным током воды снизу-вверх. На промывку фильтра подается питьевая вода из ж/б резервуара при помощи насосов. Промывная вода сбрасывается в сай Пассимурахо.

Осветленный рассол (3 мг/л) подается в два накопителя, объемом по  $100 \text{ м}^3$ . Конструкция накопителя и приемного бака не отличается от конструкции вертикального отстойника. Из накопителей рассол с расходом  $15 \text{ м}^3/\text{сут.}$  по трубопроводу длиной около 1750 м подается самотеком на раздаточный узел в расходный бак –  $1-1,5 \text{ м}^3$ . Транспортирующие трубы диаметром 76 мм и 108 мм изготовлены из стали марки БСт2пс.

В связи с увеличением концентрации взвешенных веществ в рассоле в процессе его транспортировки из-за коррозии материала труб и необходимости доведения качества рассола до требуемого на раздаточном узле установлены напорные фильтры для доочистки.

Напорный фильтр представляет собой цилиндрическую емкость с двумя днищами. Фильтрующий материал кварцевый песок крупностью  $d_{\text{ЭКВ}} = 0,3-0,4 \text{ мм}$ . Минимальная крупность 0,25 мм, максимальная-1,0 мм. Объем песка- $0,04 \text{ м}^3$ . Сетка стальная № 0,5-1 слой, № 1,0-2 слоя и стеклоткань 3 слоя.

После доочистки рассол подается в скважины с расходом 0,5 л/мин на две скважины.

Для проведения исследований пробы рассола отбирались в следующих точках: исходный рассол из растворомешалки; из отстойников предварительного

осветления; после фильтра «Струя»; на раздаточном узле до напорных фильтров; после фильтров перед подачей в скважины.

Во всех пробах определяли содержание взвешенных веществ, а в пробах на раздаточном узле-размеры частиц.

**Таблица 3.** – Результаты определения размеров частиц на раздаточном узле

Проба до напорных фильтров												
Размер частиц, мкм	2	3	5	7	8	10	12	15	20	25	30	40
Содержание фракций, %	3,7	8,3	32	1,86	1,80	19,2	0,9	7,3	9,2	1,86	1,86	1,86
Проба после напорных фильтров												
Размер частиц, мкм	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60		
Содержание фракций, %	2,8	8,3	19,5	35,4	13,0	14,0	3,6	0,8	1,7	0,8		

Средний диаметр частиц в той и другой пробе составляет около 11 мкм.

**Таблица 4.** – Проба рассола до напорного фильтра

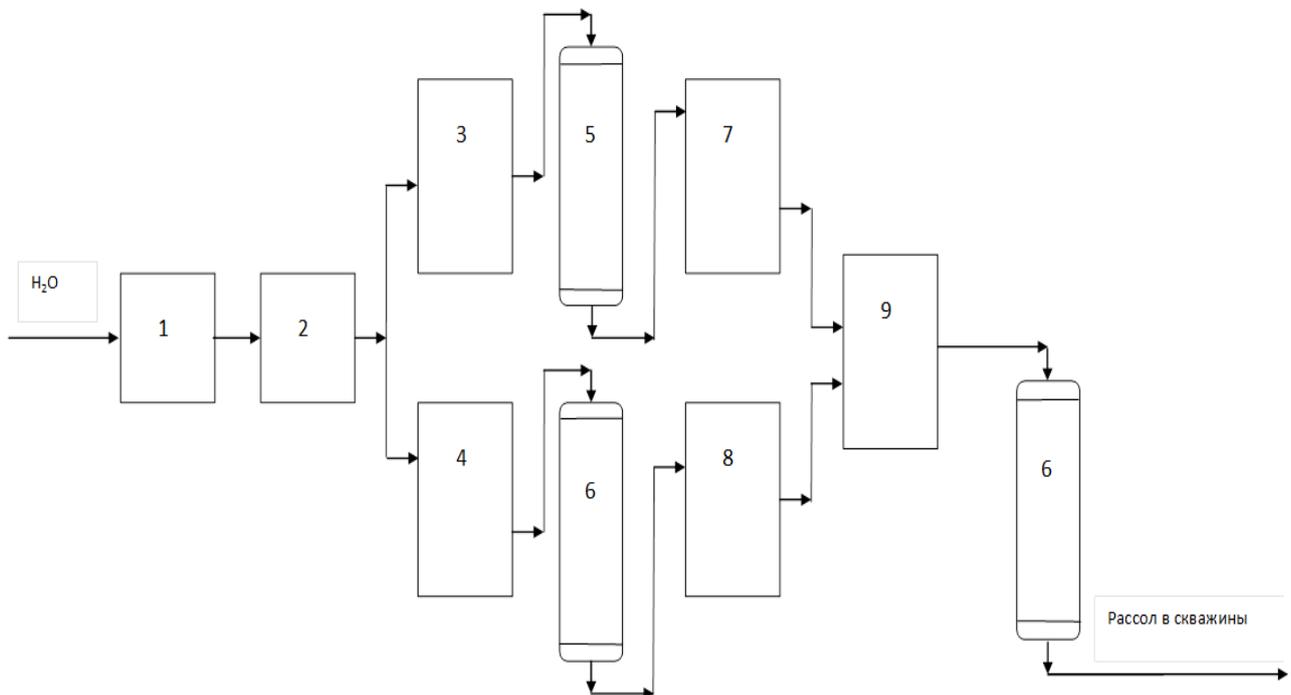
Размер частиц, мкм	7	10	14	17	18	21	28	35	42	56	70	84	98	112	126	140
Содержание фракций, %	6,0	0,4	48,0	0,8	0,4	3,2	20,5	1,6	12,9	3,2	1,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Средний размер частиц составляет 20,6 мкм.

**Таблица 5.** – Проба рассола после напорного фильтра

Размер частиц, мкм	7	14	17	21	24	28	35	42	56	70	84	98	112
Содержание фракций, %	3,4	47	1,2	6,3	0,4	25,0	0,4	7,2	1,6	3,4	1,6	0,4	1,2

Следующим этапом работы явилось исследование влияния промывки фильтров на эффективность задержания частиц. Промывку фильтров осуществляли обратным током технической холодной водой. Подачу воды регулировали так, чтобы не было выноса песка. Интенсивность промывки составила 6,3-7,0 л/сек м<sup>2</sup>. Продолжительность первой промывки составила 20-25 мин, второй и третьей по 10 мин. Проведено 3 фильтр - цикла по 8 часов. Через каждый час отбирали пробу рассола. Результаты анализа рассола приведены в таблице 6.



**Рисунок 3.** – Схема временной установки для приготовления рассола: 1– растворомешалка; 2– приемный бак ; 3– вертикальный отстойник предварительного осветления рассола; 4– вертикальный отстойник предварительного осветления рассола ; 5– фильтр типа «Струя»; 6– фильтр типа «Струя»; 7– резервуар осветленного рассола ; 8– резервуар осветленного рассола; 9– расходный бак растворного узла (РУ)

**Таблица 6.** – Результаты анализа рассола

Продолжительность работы фильтра, час										
Фильтр-цикл	Наим. показат	1	2	3	4	5	6	7	8	Ср.
1	ВВ, мг/л Содерж. частиц размером > 25 мкм, %	6,7 56	1,2 45	0,5 20	0,5 18	7,0 15,8	2,2 28,5	11,2 23,2	1 34	3,8 30,0
2	ВВ, мг/л Содерж. частиц размером > 25 мкм, %	24 55,1	0,7 48,3	0,5 31,3	1,5 31,4	- -	0,5 45,3	- -	2 31,5	4,9 40,1
3	ВВ, мг/л Содерж. частиц размером > 25 мкм, %	1,3 29,6	1 24	0,7 54,5	1 30	- -	1,3 29,5	- -	1 29	1,05 32,7

Результаты анализа рассола после патронного фильтра приведены в таблице 7.

**Таблица 7.** – Результаты анализа рассола после патронного фильтра

Продолжительность работы фильтра, ч	ВВ, мг/л	Количество частиц с размером, мкм					
		25	30	40	50	60	70
0	2,4-2,7	35	7	16	6	3	3
3	1,1	21	5	5	11	-	-
6	1,2	12	-	3	9	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-
20	1,7	-	-	-	-	-	-
30	1,8	-	-	-	-	-	-
40	0,23	-	-	-	-	-	-
50	1,1	12	9	1	2	-	-

Из данных таблицы 7 видно, что содержание взвешенных веществ в рассоле при использовании патронного фильтра уменьшается в среднем на 50%.

Концентрация водного раствора поваренной соли NaCl в растворном узле (рисунок 4) определялась с помощью кондуктометра «NELT», разработанного Давлатшоевым С.К.

**Рисунок 4.** – Кондуктометр в сборе

Для термометрических исследований в скважинах пьезометрической сети была задействована переносная аппаратура, представленная на рисунке 5. Данная аппаратура включала в себя струнные преобразователи температуры типа ПТС-60, которые используются для измерения температурных показателей в различных частях гидротехнических сооружений, а также специализированный портативный цифровой прибор ПЦП-1, предназначенный для считывания данных с преобразователей.

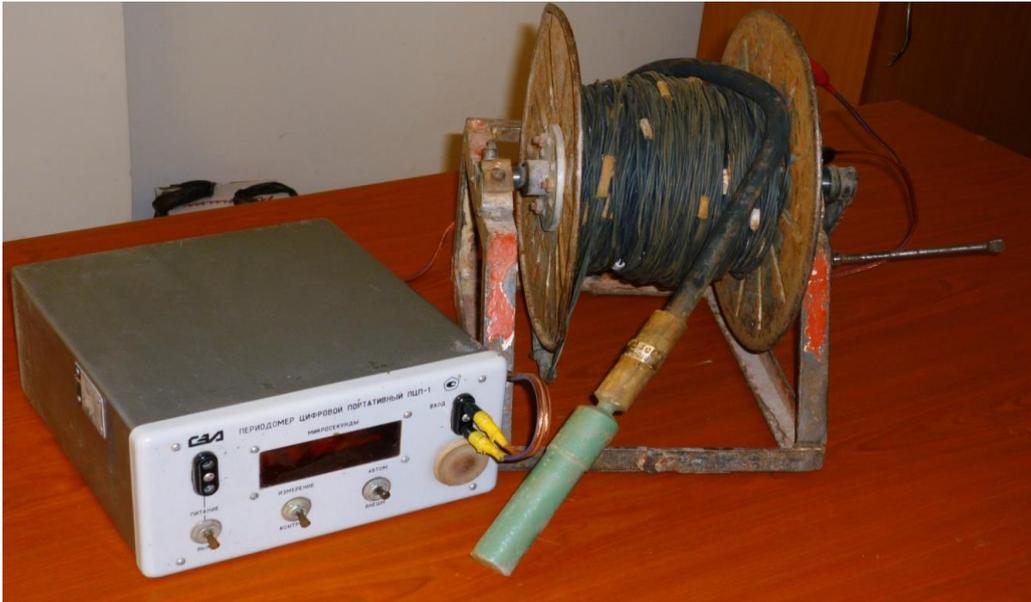


Рисунок 5. – Скважинная термокаротажная установка

**Третья глава** – посвящена теорией конвективно - диффузионного процесса взаимодействия пресной воды поступающей из водохранилища с растворимыми породами основания плотины, конвективно - диффузионному растворению оголовка солевого пласта (1 стадия), конвективно – диффузионному растворению пласта соли при условии образования трещин (2 стадия) и расчету потребного количества рассола для защиты пласта.

Особенностью геологических условий участка створа Рогунской ГЭС, является выход в основании плотины мощного пласта соли, приуроченного к тектоническому разлому. Растворение каменной соли фильтрационным потоком может привести к недопустимым деформациям основания. Поэтому оценка возможной скорости растворения каменной соли и выбор экономических защитных мероприятий относятся к главнейшим вопросам проектирования и строительства Рогунской ГЭС.

В данной главе приведены результаты расчетов диффузионно - конвективного процесса и образования, впоследствии, проточных щелей незаполненных грунтом для вариантов:

1. Когда отсутствуют защитные мероприятия пласта соли и коэффициент фильтрации окружающих пород оголовка составляет  $K_{\phi} = 0,3$  м/сут.
2. Произведена инъекция оголовка пласта соли и коэффициент фильтрации доведен до  $K_{\phi} = 0,03$  м/сут.
3. Произведено выщелачивание солей в пласте на глубину до 15 м и заменено бетоном, тогда породы окружающие пласт соли будут иметь коэффициент фильтрации  $K_{\phi} = 0,003$  м/сут.

**Конвективно - диффузионное растворение оголовка солевого пласта (1 стадия).** Произведем расчет размыва соли без образования трещин при контакте соли и вмещающих пород. Процесс растворения соли пласта будет происходит в границах контакта с пресными водами и быстрым насыщением фильтрационного потока до предельной концентрации, которая оценивается для каменной соли в 300 - 360 г/л.

Отвод солей, перешедших в раствор, будет происходить, как в результате молекулярной диффузии, так и путем конвекции, т.е. фильтрационным потоком.

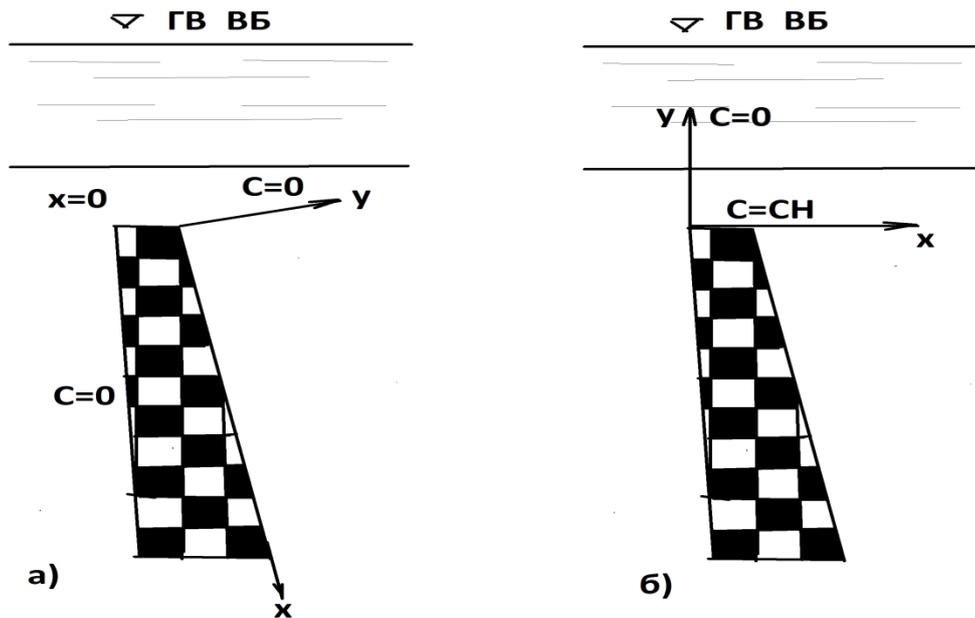
Расчеты и прогнозирование размыва пласта с учетом конвективно - диффузионного процесса выполнялись по методике, где за основу взята современная теория растворения солей и диффузионных процессов в фильтрационных потоках через естественные горные породы, основывающаяся на законе Фика.

По этой методике уравнения конвективной диффузии в зоне пласта соли приобретают вид:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (3.9)$$

Приведём расчетную схему конвективно-диффузионного растворения оголовка солевого пласта.

Принимая краевые условия для низовой и верховой грани:  $y = 0, C = C_H, X = 0, C = 0, y = \infty, \frac{\partial C}{\partial y} = 0$  и для оголовка:  $y = 0, C = C_H, X = 0, C = 0, y = h, C = 0$ , получаем в обоих случаях расчетные формулы расхода соли ( $q$ ) и толщины растворенного слоя ( $B_x$ ) в рассматриваемой точке:



**Рисунок 6.** – Расчётная схема конвективно-диффузионного растворения оголовка солевого пласта: а) верховая и низовая грани, б) оголовк

$$q = \Delta C \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (3.10)$$

$$B_x = \frac{T \Delta C}{\gamma_c} \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (3.11)$$

где,  $\Delta C$  - разница концентрации от начального до предельного насыщения ( $\text{т/м}^3$ ),

$D$  - коэффициент диффузии

$$D = 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек} \approx 8,64 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сут}$$

$\gamma_c$  - удельный вес соли ( $2,2 \text{ т/м}^3$ ),

$x$  - расстояние по плоскости размыва от начала отсчета до рассматриваемой точки (м),

$T$  - время в сутках.

Толщина растворенного слоя на низовой грани солевого пласта определялась по формуле (3.11). Градиенты потока приняты равными 0,1 по техническому отчету №1079 - 34 - 69, для горизонта воды верхнего бьефа 1015 м, а для нижнего 9870 м. При этом рассматривалось три варианта работы перемычки:

1. Защитные мероприятия у оголовка соли отсутствуют, тогда коэффициент фильтрации у оголовка можно принять по таблице приложения 1  $K_{\phi} = 0,3$  м/сут.

2. Сделана инъекция в районе оголовка соли и коэффициент фильтрации уменьшен на порядок ( $K_{\phi} = 0,03$  м/сут).

3. Соль выщелачивается на глубину до 15 м и заменена инертным материалом, например, бетоном. В этом случае пласт оказывается, в лучшем случае, залегающим в породах с коэффициентом фильтрации -  $K_{\phi} = 0,003$  м/сут.

Для всех трех вариантов приведены результаты расчета растворения по длине пласта соли в таблице 8.

В первой стадии выщелачивания в условиях конвективной диффузии, размыв пласта соли происходит относительно медленно, но уже при второй стадии, когда проточная щель образовалась, процесс может интенсифицироваться, в связи с этим рассмотрим эту стадию.

**Таблица 8.** – Результаты расчета растворения по длине пласта соли для всех трех вариантов

№ вариантов	T (год)	X=1 м	X=1 м	X=1 м
1	Защитные мероприятия отсутствуют: $K_{\phi} = 0,3$ м/сут; $J = 0,1$ ; $V_x = 0,03$ м/сут			
	0,33	0,018	0,0056	0,0018
	0,67	0,036	0,0113	0,0036
	1,0	0,054	0,0169	0,0054
2	Защитные мероприятия отсутствуют: $K_{\phi} = 0,03$ м/сут; $J = 0,1$ ; $V_x = 0,003$ м/сут			
	0,33	0,0056 м	0,0018 м	0,00056 м
	0,67	0,0113 м	0,0036 м	0,00112 м
	1,0	0,0169 м	0,0054 м	0,00168 м
3	Защитные мероприятия отсутствуют: $K_{\phi} = 0,003$ м/сут; $J = 0,1$ ; $V_x = 0,0003$ м/сут			
	0,33	0,0018	0,00057	0,00018
	0,67	0,0036	0,00113	0,00036
	1,0	0,0054	0,0018	0,00054

**Конвективно – диффузионное растворение пласта соли при условии образования трещин (2 стадия).** Если предположить, что на контакте с солью образуется незаложённая грунтом трещина и имеющая свободный вход и выход в бьефах, то скорости фильтрации и интенсивность растворения будут более значительными, наличие таких трещин наиболее вероятно на "оголовке", а также на верхних участках низовой и верховой граней солевого пласта.

На основании расчетов по таблице 8 ширина раскрытия трещины при контакте с солью  $V_x \geq 0,0005$  м = 0,5 мм и при градиенте потока  $J = 0,1$  образуется

на всем расстоянии 100 м от входа потока за время определяемое по формуле (3.10), причем в случаях:

1. Отсутствия мероприятия у оголовка соли

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = \frac{0,0005 \cdot 2,2}{0,36 \sqrt{\frac{8,64 \cdot 10^{-5} \cdot 0,03}{3,14 \cdot 100}}} = 33 \text{ сут}$$

2. Если произведена иньекция пород у оголовка соли

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = 106,1 \text{ сут}$$

3. При выщелачивании соли в пласте на глубину до 15 м и замене бетоном

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = 336 \text{ сут}$$

Скорости движения жидкости в трещине скальных пород описываются уравнениями /л.5/ для ламинарного режима ( $R_e < R_{e \text{ кр}}$ )

$$V_{\text{тр}} = \frac{g \cdot b^2 \cdot J}{12\nu(1 + \frac{A}{b})} \quad (3.12)$$

для турбулентного режима ( $R_e < R_{e \text{ кр}}$ )

$$V_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot J}{0,01(1 + \frac{B}{b})}} \quad (3.13)$$

где,  $J = 0,1$  - средний градиент движения потока по трещине;

$m = 1,0$  - ширина трещины пласта;

$A$  и  $B$  - гидравлические параметры шероховатости, см.

$0 \leq A \leq 1$  см,  $0 \leq B \leq 6,8$  см;

$b$  - раскрытие трещин;

$g$  - ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/сек;

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости жидкости

$\nu = 0,0131$  см<sup>2</sup>/сек =  $1,31 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/сек.

Режим движения потока в трещинах устанавливают путем сопоставления фактического числа Рейнольдса с "критическим" числом Рейнольдса, критическое число определяется по формуле В.Н. Жиленкова.

$$R_{e \text{ кр}} = 600 \frac{b + A}{b + B} \quad (3.14)$$

а фактическое число Рейнольдса /Л.7/

$$R_e = \frac{V \cdot R}{\nu} = \frac{V \cdot b}{2\nu} \quad (3.15)$$

где,  $V$  - фактическая скорость движения потока в трещине см/сек.

При прогнозировании размыва пласта соли учитывалось, что процесс этот прогрессирующий и величина раскрытия щели постоянно возрастает во времени.

Другими словами, методика расчета размыва такова:

1. Задаемся величиной раскрытия щели  $b_1$  постоянной для данного отрезка времени  $t_1$ .

2. Определяем скорость движения потока по щели  $V_{щ1}$  по формуле (3.12) при этом раскрытии  $b_1$ .

3. Определяем величину раскрытия трещин  $b_2$  по формуле (3.11) с учетом скорости  $V_{щ1}$ .

4. Считая  $b_2 = \text{const}$  для отрезка времени  $t_2$ , определяем скорость движения потока по щели  $V_{щ2}$  по формуле (3.12) или (3.13) в зависимости от режима фильтрации.

5. Определяем величину раскрытия трещин  $b_3$  по формуле (3.11) с учетом скорости  $V_{щ2}$  и т.д.

Расчет размыва пласта соли по этой методике представлен в табличной форме (таблица 8).

Отметим, что все вышеприведенные расчеты размыва пласта соли (табл. 7) получены при допущении о свободном входе фильтрационного потока в щель, на 1 п. м. ширины щели пласта по его глубине, в точке находящейся на расстоянии 100 м от входа потока в щель.

Определим величину раскрытия щели, соответствующую данным расходам фильтрационного потока для каждого из вариантов:

1. В случае отсутствия защитных мероприятий:

$$b_1 = \sqrt[3]{\frac{120 \cdot Q_1}{J \cdot g \cdot 86400}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1,31 \cdot 10^{-6} \cdot 176}{0,1 \cdot 9,81 \cdot 86400}} = 3,21 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,21 \text{ мм}$$

2. При инъекции пород оголовка пласта соли:

$$b_2 = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,58 \text{ мм}$$

3. При выщелачивании солей в пласте на глубину до 15 м и заполнением бетоном:

$$b_3 = 0,94 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,94 \text{ мм}$$

Далее определим время  $t$ , для каждого из вариантов за которое щель с раскрытием 0,0005 м = 0,5 мм превратится в щель с вышеопределенными раскрытиями, при условии, что расход воды, идущий по щели полностью насыщается до концентрации 0,36 г/л.

$$T_1 = \frac{b_1 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_1} = \frac{0,00321 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 176} = 0,01 \text{ сут,}$$

$$T_2 = \frac{b_2 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_2} = \frac{0,00158 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 21,2} = 0,046 \text{ сут,}$$

$$T_3 = \frac{b_3 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_3} = \frac{0,00094 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 4,5} = 0,128 \text{ сут.}$$

Дальнейшим расчетом определяем величину размыва соли в точке на расстоянии 100 м от входа потока в щели через 1 год (табл. 9).

На основании проведенных расчётов, рассмотрим два варианта расчёта потребного количества рассола для защиты солевого пласта:

Вариант 1. В районе оголовка соли отсутствуют инъекционные работы.

В этом случае, коэффициент фильтрации пород района оголовка составляет 0,3 м/сут и при средней высоте  $h = 10$  м расход рассола в этом слое составляет:

$$Q_{\text{общ.}} = 30 + 30 + 6,0 + 4,06 = 70,06 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

На основании проведённых расчётов, рассмотрим два варианта расчёта потребного количество рассола для защиты солевого пласта:

Вариант 1. В районе оголовка соли отсутствуют инъекционные работы.

В этом случае, коэффициент фильтрации пород района оголовка составляет 0,3 м/сут и при средней высоте  $h = 10$  м расход рассола в этом слое составляет:

$$Q_{\text{общ.}} = 30 + 30 + 6,0 + 4,06 = 70,06 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Вариант 2. В районе оголовка пласта соли произведены инъекционные работы и  $K_{\phi}$  окружающих соль пород принят равным 0,03 м/сут. Тогда величина расхода рассола, идущего вдоль пласта соли, при средней глубине потока в этой зоне с  $K_{\phi} = 0,03$  м/сут равной  $h = 10$  м составит:

$$Q_{\text{общ.}} = 30 + 3,0 + 6,0 + 1,28 = 40,28 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 40 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Таблица 9.** – Результаты расчета величины размыва пласта соли на расстоянии 100 м через 1 год

Варианты	Начальное раскрытие щели, м	T <sub>1</sub> = 30 сут			T <sub>2</sub> = 30 сут			T <sub>3</sub> = 30 сут			ΣT = 360 сут
		Q <sub>1</sub> м <sup>3</sup> /су т	V <sub>1</sub> м/су т	b <sub>2</sub> м	Q <sub>2</sub> м <sup>3</sup> /су т	V <sub>2</sub> м/су т	b <sub>3</sub> м	Q <sub>3</sub> м <sup>3</sup> /су т	V <sub>2</sub> м/су т	b <sub>4</sub> м	Σb м
1. При отсутствии защитных мероприятий	0,00321	176	54829	0,603	176	290,3	0,044	176	270,7	0,42	1,07
2. При инъекции пород оголовка соли	0,00158	21,2	13418	0,298	21,2	70,7	0,0217	21,2	66,0	0,209	0,53
3. При выщелачивании солей в пласте на глубину 15 м	0,00094	4,5	4787	0,178	4,5	25,1	0,013	4,5	23,5	0,124	0,317

В четвертой главе изложена – технология проведения цементационных работ в оголовке солевого пласта, анализ результатов проведенной опытной цементации, анализ результатов производственной цементации в оголовке солевого пласта, оценка качества выполненных цементационных работ по результатам бурения и гидравлического опробования контрольных скважин, исследование пространственного положения оголовка соляного пласта и его мощности по данным разведочного бурения и метод контроля фильтрационных потоков вдоль Ионахшского разлома.

Для обеспечения повышения устойчивости оголовка солевого пласта к процессам выщелачивания и суффозии в период строительства и эксплуатации, осуществляется мероприятия по созданию высокоплотной козырьковой цементации. Это мероприятие способствует уменьшению интенсивности фильтрационных потоков, движущихся параллельно солевому пласту, и, как следствие, препятствуют развитию механических и химических деформаций (суффозии).

Разрез расположения цементационных, контрольных и пьезометрических скважин, приведен на рисунке 7.

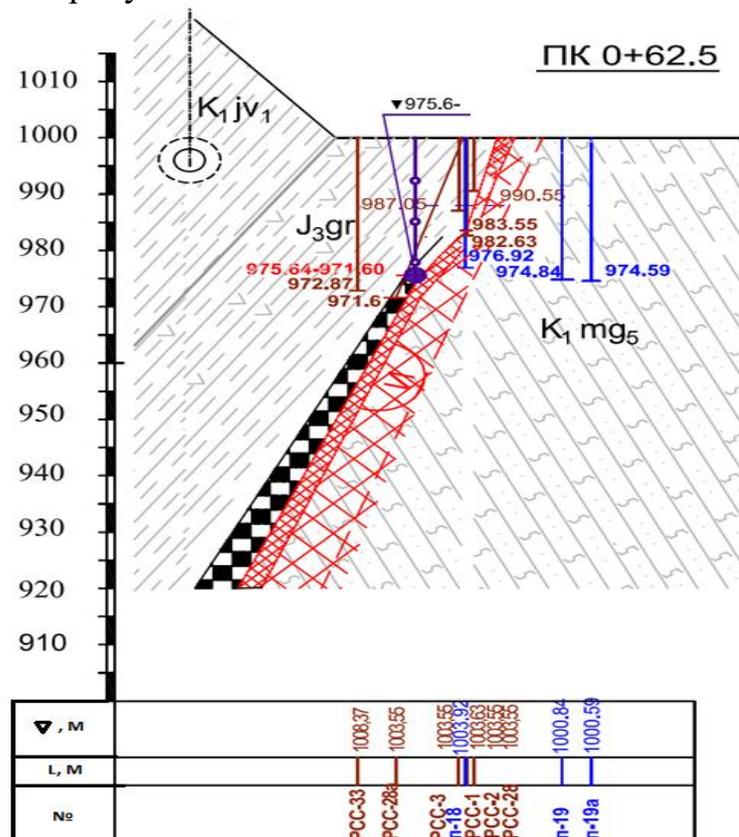


Рисунок 7. - Разрез в створе солевого пласта по ПК 0+62.5

Опытная цементация пород, вмещающих оголовки соляного пласта на левом берегу р. Вахш, была выполнена в июле-августе 2009 г. Глубина опытных цементационных скважин от 6,5 м (скважина К5 на пикете 0+48) до 48,0 м (скважина К25 на пикете 2+76). По результатам гидравлического опробования, выполненного в опытных цементационных скважинах (нагнетаний солевого раствора в пятиметровые интервалы с напорами от 1,0 до 1,4 МПа) вмещающие соляной пласт породы (алевролиты и аргиллиты) в районе его оголовка характеризуются, в основном, как проницаемые. При разбросе значений удельных

поглощений солевого раствора от 0,05 до 1,6 л/мин  $\times$  м<sup>2</sup> в 69 из 87 опробованных интервалов (таблица 10) были получены значения от 0,11 до 0,3 л/мин  $\times$  м<sup>2</sup>. Результаты опытной цементации для пород такого литологического состава, на наш взгляд, несколько необычны. При давлениях цементации до 2,0 МПа в 65 из 88 интервалов поглощения цемента на 1 пог. м интервала превышали 500 кг, в том числе в 28 интервалах были больше 1000 кг при максимальных величинах до 1756- 1794,5 кг (таблица 11).

**Таблица 10.** – Распределение значений удельных поглощений солевого раствора в рабочих интервалах опытных цементационных скважин

Значения удельных поглощений, л/мин $\times$ м <sup>2</sup>	Количество интервалов с такими значениями	% от общего количества интервалов
$\leq 0,1$	4	4,6
0,11-0,20	37	42,5
0,21-0,30	32	36,8
0,31-0,40	8	9,2
0,41-0,50	3	3,5
0,51-1,0	2	2,3
> 1,0	1	1,1
$\leq 0,1$	4	4,6
<0,21	41	47,1
<0,31	73	83,6
<0,41	81	93,1
<0,51	84	96,6
<1,0	86	98,6
<1,6	87	100

**Таблица 11.** – Распределение величин поглощения цемента на 1 пог. м в рабочих интервалах опытных цементационных скважин

Величины поглощения цемента кг на 1 пог. м	Количество интервалов с такими значениями	% от общего количества интервалов
$\leq 100$	2	2,3
101-300	6	6,9
301-500	16	19,0
501-1000	36	41,0
> 1001	28	31,8
$\leq 101$	2	2,3
<301	8	9,2
<501	24	27,3
<1001	60	68,2
<1794,5	88	100

Общее количество цемента, израсходованного на цементацию рабочих зон длиной 20 м в 25 опытных скважинах составило 375 711 кг.

Говоря об удовлетворительном качестве выполненной цементации, к вышеизложенному, следует добавить, что во всех контрольных скважинах, по которым получена полевая документация (таких скважин 28), в интервалах глубин, пройденных с отбором керна, было зафиксировано присутствие в керне на отдельных участках цементного камня.

Присутствие цементного камня в керне пьезометрических скважин, удаленных от разбивочной оси цементации до 12,5–17,5 м свидетельствует о цементации на отдельных участках протяженных трещин. Наличие в массиве таких протяженных трещин и распространение по ним цементационного раствора, в частности, подтверждается фото-документацией, выполненной в солевой штольне в январе 2010 года: в неё через отдельные закладные отверстия в стальной облицовке при выполнении цементации оголовка солевого пласта поступал цементационный раствор (рисунок 8).



**Рисунок 8.** – Поступление цементационного раствора в солевую штольню

В пределах участка Ионашского разлома, в зоне выхода солевого пласта на левобережной части реки Вахш, были осуществлены режимные наблюдения за распределением температуры. Для этих целей было задействовано 12 створов и в общей сложности 29 пьезометров. По техническим причинам, в 11 пьезометрах проведение исследований оказалось невозможным. За отчетный 2011 год было выполнено 39 циклов термокаротажных исследований. Схематическое изображение расположения створов и местоположения пьезометров представлены на рисунке 9.

Тепломассоперенос позволяет определить коэффициент и скорость фильтрации при ламинарном и турбулентном течении. Массоперенос всегда сопровождается теплопереносом, который зависит от скорости фильтрации. Увеличение скорости фильтрации ускоряет теплоперенос и расширение зоны пониженной температуры.

Наблюдается, что при движении фильтрационных вод через грунты, скальные породы и в пределах Ионашского разлома происходит теплоперенос из вмещающей породы. Температурные измерения, проведенные в стволе пьезометра, выявляют минимальную температуру, равную температуре теплоносителя  $t(i)=t_{тн}$  как показано на рисунке 10.

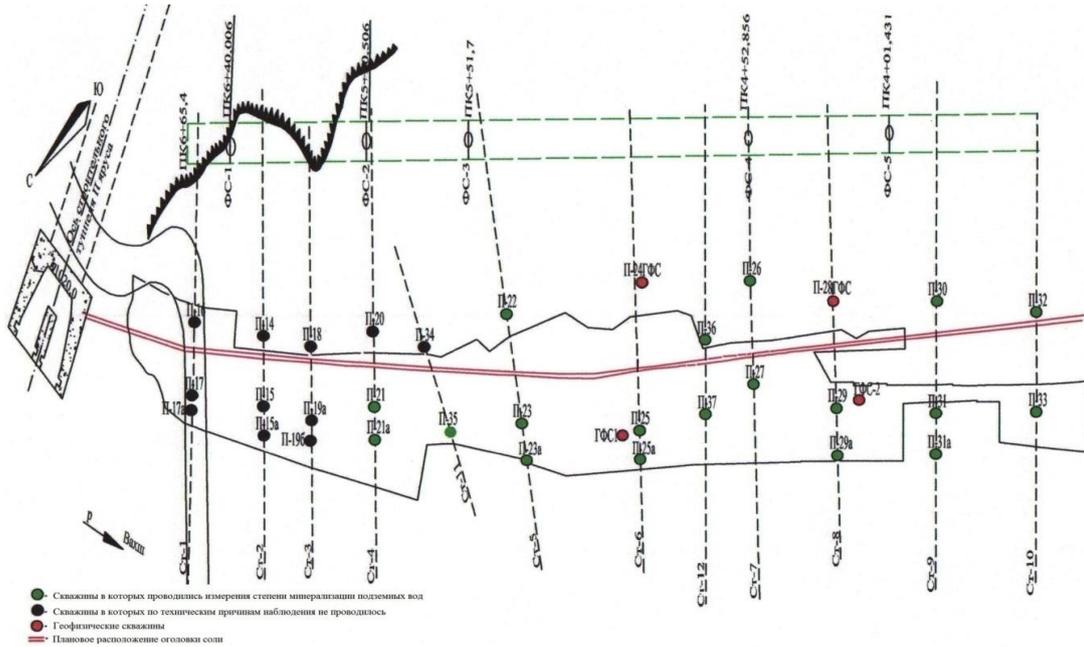


Рисунок 9. – План расположения пьезометрических скважин на участке левого берега солевого пласта р. Вахш

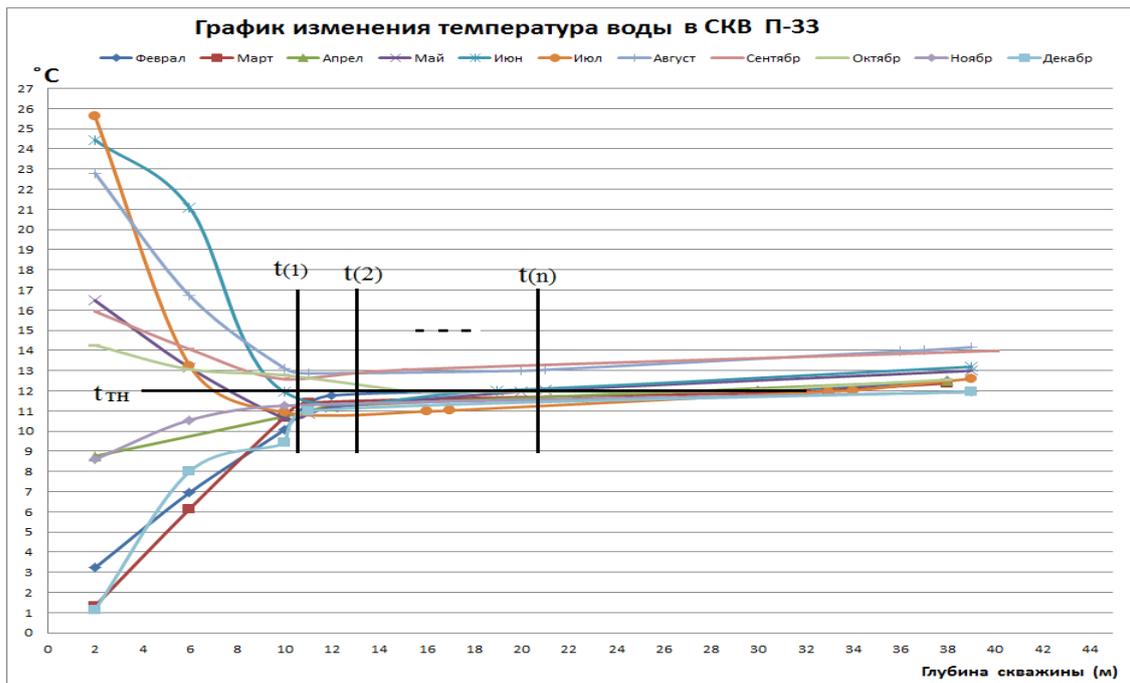


Рисунок 10. – График изменения температуры воды в П-33

Основываясь на принципах теории тепломассопереноса и целенаправленном выборе глубины створа наблюдения в солевой штольне, расположенной в основании Ионахшского разлома плотины, мы можем возможным определить коэффициент фильтрации:

$$K_i = \frac{\Delta h_{\text{ТН}}}{\Delta T} \quad (4.4)$$

где,  $\Delta h_{\text{ТН}} = h(i + 1) - h(i)$  – интервал выравнивания температуры до температуры теплоносителя при повышении напора в водохранилище на величину  $\Delta H_i$ ;

$\Delta T = T(i + 1) - T(i)$  – время, в течение которого фиксируется значение  $\Delta h_{\text{ТН}}$ ;

$i = 1 \div n$  – индекс выведения эмпирического уравнения.

Движение фильтрационных потоков и теплоперенос вдоль солевого пласта по Ионахшскому разлому можно описать следующим уравнением:

$$t(i) = a h(i) + b, \quad (4.5)$$

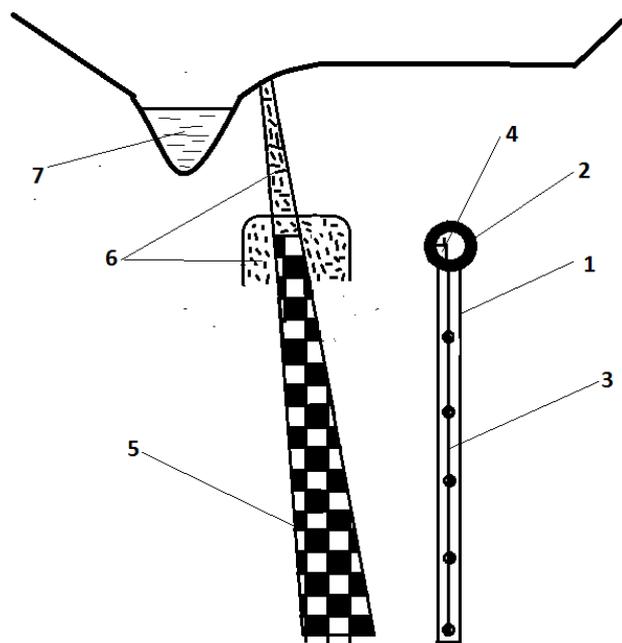
где,  $t$  – температура,

$h$  – расширение зоны минимальной температуры равной температуре теплоносителя,

$a, b$  – коэффициенты эмпирического уравнения,

$i = 1 \div n$  – индекс измерения и выведения эмпирического уравнения.

Система мониторинга фильтрационных характеристик и скорости водного потока в Ионахшском разломе (рис. 11) включает: вертикальную наблюдательную скважину 1 (пробурена из штольни с железобетонной обделкой 2), 5 температурных датчиков 3 (шаг 10 м) и беспроводный блок передачи данных 4 (расположен в штольне).



**Рисунок 11.** – Схема размещения температурных датчиков в скважине пробуренной из солевой штольни (1-скважина обсаженная металлическим корпусом, 2-солевая штольня с железобетонной отделкой, 3- температурные датчики в количестве 5 шт., с шагом 10 м, 4- беспроводный блок передачи данных, 5- солевой пласт, 6- уплотнительная и козырьковая завеса, 7- река Вахш)

В рамках исследования солевой штольни, проложенной параллельно Ионахшскому разлому, для осуществления всестороннего контроля за температурным режимом в вертикальной плоскости рекомендуется развернуть сеть наблюдательных створов. Учитывая высокую стабильность температурного поля в основании штольни, обусловленную отсутствием влияния внешних

тепловых источников и доминирующей ролью теплоносителя (воды), становится возможным достижение, на несколько порядков, более высокой точности при измерении скоростей локализованных водных потоков.

Учитывая, что в системе мониторинга температуры задействовано пять датчиков с пространственным разрешением 10 метров, интерполяция значений температуры между точками измерений осуществляется посредством эмпирического уравнения.

$$t(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (4.6)$$

где,  $a_i, b_i$  – коэффициенты эмпирического уравнения,

$h$  – глубина наблюдения по скважине,

$t$  – температура,

$i = 1 \div n$  – индекс вывода эмпирического уравнения,

$j = 1 \div 3$  – индекс уровня вывода эмпирического уравнения.

При формировании эмпирического уравнения более высокого порядка, температурная точка T1 исключается из рассмотрения после достижения соответствующего значения температуры теплоносителя. Данный принцип применяется последовательно: при расширении температурного диапазона от T1 до T5, каждая последующая температурная точка исключается при выводе уравнения следующего уровня.

Таблица 12 иллюстрирует схему и алгоритм последовательного вывода и применения эмпирического уравнения.

Предлагаемый метод и система наблюдений позволяют определить скорость расширения зоны пониженной температуры в оголовке солевого пласта, свидетельствующий о формировании сосредоточенной фильтрации вдоль Ионахшского разлома представляющий опасность для растворения оголовка солевого пласта.

Метод определения коэффициента фильтрации вдоль солевого пласта по Ионахшскому разлому можно применить, при контроле качества цементации оголовка солевого пласта, по уменьшению коэффициента фильтрации.

**Таблица 12.** – Алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения и его использование

Количество точек	T1÷T5	T2÷T5	T3÷T5	T4÷T5
Эмпирические уравнения	$t(i, 1) = a_i h(i, 1) + b_i$	$t(i, 2) = a_i h(i, 2) + b_i$	$t(i, 3) = a_i h(i, 3) + b_i$	$t(i, 4) = a_i h(i, 4) + b_i$
Решение	$h(i, 1) = \frac{t(i, 1) - b_i}{a_i}$	$h(i, 2) = \frac{t(i, 2) - b_i}{a_i}$	$h(i, 3) = \frac{t(i, 3) - b_i}{a_i}$	$h(i, 4) = \frac{t(i, 4) - b_i}{a_i}$
$\Delta h_{\text{ТН}}$ при $T(i+1) - T(i)$	$h(i+1, 1) - h(i, 1)$	$h(i+1, 2) - h(i, 2)$	$h(i+1, 3) - h(i, 3)$	$h(i+1, 4) - h(i, 4)$

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

### 1. Основные научные результаты диссертации

1. Для кондуктометрического измерения электропроводности насыщенных минерализованных вод предложены метод и прибор, которые могут применяться как в процессе приготовления насыщенного рассола, так и в составе автоматизированных систем для непрерывного контроля за его насыщенностью [7–А, 8–А].

2. Расчёты проведенные на основе математического моделирования по растворению оголовка солевого пласта еще раз подтверждают необходимость создания защитных противосульфидных инженерных мероприятий в виде цементации оголовка солевого пласта [7–А].

3. В результате гидравлического опробования зацементированных пород оголовка соли в контрольных скважинах, установлено, что в результате цементации исходная водопроницаемость пород уменьшилась в несколько раз, а обеспеченность заданного в проекте значения удельного водопоглощения  $q = 0,05$  л/мин  $m^2$  составляет 80% [1–А, 3–А, 4–А, 5–А, 9–А, 10–А, 13–А].

4. Контроль температуры воды по стволу пьезометрических скважин вдоль Ионахшского разлома, где по нему выходит солевой пласт может быть использован для определения фильтрационных характеристик вмещающих породы оголовка солевого пласта и формирующих пути сосредоточенной фильтрации [1–А, 3–А, 4–А, 5–А, 9–А, 10–А, 13–А, 15–А].

5. Разработанные инструменты (метод, система и формула) позволяют точно определить скорость фильтрации в Ионахшском разломе. Полученные данные используются для оценки качества солевого оголовка [1–А, 3–А, 4–А, 5–А, 9–А, 10–А, 13–А, 15–А].

### 2. Рекомендации по практическому использованию результатов исследований

1. Метод и прибор кондуктометрического измерения электропроводности насыщенных минерализованных вод рекомендуется для непрерывного контроля степени минерализации насыщенного рассола в различных химических технологиях в составе автоматизированных измерительных комплексов.

2. Разработанную математическую модель можно использовать для расчётов растворения легкорастворимых пород и разработки защитных противосульфидных инженерных мероприятий в основании плотины. Моделирование по растворению оголовка солевого пласта еще раз подтверждает необходимость создания защитных противосульфидных инженерных мероприятий в виде цементации оголовка солевого пласта.

3. Метод мониторинга температуры воды в скважинах Ионахшского разлома предоставляет возможность картировать зоны активной фильтрации в Гулизинданском разломе.

4. Разработанные метод, система и выведенная формула коэффициента фильтрации вдоль Ионахшского разлома, можно использовать для контроля качества цементации растворимых пород.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1].Адамович А.Н., Колтунов Д.В. Цементация оснований гидросооружений. -М.- Л.: Энергия, 1964. – 320 с.
- [2].Алесковский В.Б. Физико-химические методы анализа / В.Б. Алесковский -Л.: Химия, 1988. – 376 с.
- [3].Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. -М.: Высшая школа, 1975. – 568 с.
- [4].Артемкина Ю.М. Электропроводность концентрированных растворов некоторых ионных жидкостей в ацетонитриле / Ю.М. Артемкина, Н.В. Плешкова, К.Р. Седдон, В.В. Щербаков // Успехи в химии и химической технологии, Т. 22. -М.: -2008. -№3. – С.49-52.
- [5].Букреев Д.В. Адаптивный высокочастотный бесконтактный микропроцессорный кондуктометр // Дисс. ... канд. техн. наук. -Тамбов: ТГТУ, 1999. -137 с.
- [6].Геофизические методы исследования / Под ред. В.К. Хмелевского. - М.: Недра, 1988. -395 с.
- [7].Герасимов Б.И. Современное состояние и перспективы развития высокочастотной бесконтактной кондуктометрии в промышленности по производству минеральных удобрений / Б.И. Герасимов, С.В. Мищенко, В.Ю. Смирнов и др. -М.: НИИТЭХИМ, 1989. – 29 с.
- [8].Гриликес М.С. Контактная кондуктометрия. Теория и практика метода / М.С. Гриликес, Б.К. Филановский. -Л.: Химия, 1980. -176 с.
- [9].Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС. –Душанбе: Ирфон, 2017. – 236 с.
- [10].Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях. Вестник технологического университета. -Казань, Т. 20, №18, 2017. – С.45-51.
- [11].Давыдов В .В., Белоусов Ю.И. Химический способ укрепления горных пород. -М.: Недра, 1977. – 288 с.
- [12].Делахей П. Новые приборы и методы в электрохимии / П. Делахай. -М.: Иностранная литература, 1957. – 510 с.
- [13].Дмитриевич И.Н. Физико-химические методы анализа. Ч. 1. Электрохимические методы анализа / И.Н. Дмитриевич, Г.Ф. Пругло, О.В. Федорова, А.А. Комиссаренко. -СПб.: СПбГТУРП, 2014. – 78 с.
- [14].Заславский Ю.З., Лопухин Б.А., Дружко Е.Б., Качан И.В. Инъекционное упрочнение горных пород. - М.: Недра, 1984. – 176 с.
- [15].Ибрагимов М.Н., Семкин В.В., Шапошников А.В. Цементация грунтов инъекцией растворов в строительстве. –М.: Изд-во АСВ, 2017. – 265 с.
- [16].Кагиров А.Г. Разработка и реализация импульсного способа контактной кондуктометрии с треугольной формой питающего напряжения // Автореф. ... канд. техн. наук. -Томск: НИТПУ, 2013. – 22 с.
- [17].Камбефор А. Инъекция грунтов.- М.: Энергия, 1971. – 333 с.
- [18].Комиссаренков А. А. Кондуктометрия и высокочастотное титрование: учебно-метод. пособие / А.А. Комиссаренков, Г. Ф. Пругло. - СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2009. – 42 с.

- [19].Латышенко К.П. Разработка метода и создание автоматического кондуктометрического прибора контроля степени промывки изделий из латекса // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1982. – 210 с.
- [20].Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа / Б.А. Лопатин. -М.: Высшая школа, 1975. -296 с.
- [21].Малаханов В.В. Использование температурных пьезометрических наблюдений для мониторинга состояния грунтовых плотин // Вестник МГСУ. М.: ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2012. №3. – С.79-89.
- [23].Маркин Н.В. Исследование бесконтактного высокочастотного метода и разработка устройств контроля электропроводности электролита // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1985. – 188 с.
- [24].Первухин Б.С. Универсальные прецизионные лабораторные кондуктометры на базе микропроцессорной техники // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1988. – 192 с.
- [25].Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы / В.П. Преображенский. -М.: Энергия, 1978. – 704 с.
- [26].Трупак Н.Г. Цементация трещиноватых пород в горном деле.-М.: Metallurgizdat, 1956. – 420 с.
- [27].Фазылов А.Р. Законодательная база в области безопасности гидротехнических сооружений в Таджикистане. Водные ресурсы, энергетика и экология. 2021. Т. 1. № 3. – С.9-17.
- [28].Фатеев Д.Е. Разработка и исследование микропроцессорного трансформаторного кондуктометра, работающего по принципу жидкостного витка // Дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МГУЭИ, 2010. – 167 с.
- [29].Фоменко Н.Е., Холодков Ю.И. Практикум по физике земли. – Ростов-на-Дону: Юж. Федер. Унвер-т, 2013. – 59 с.
- [30].Хасанов Н.М. Джалалдинов М. Расчет напряженно-деформированного состояния водопропускного сооружения // Вестник, ТНУ - Душанбе: ТНУ, 2015. – №1/1(156). – С.119-123.
- [31].Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И., Шевнин В.А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геологических специальностей вузов / Под редакцией Н.И. Селиверстова. -Петропавловск-Камчатский: изд-во КГПУ, 2004. – 232 с.
- [32].Худякова Т.А. Теория и практика кондуктометрического и хронокондуктометрического анализа / Т.А. Худякова, А.П. Крешков. -Л.: Химия, 1976. – 304 с.
- [33].Шауб Ю.Б. Кондуктометрия / Ю.Б. Шауб. -Владивосток: Дальнаука, 1996. – 488 с.
- [34].Щербаков В.В. Электропроводность концентрированных водных растворов пропионовой кислоты, пропионата натрия и их смесей / В.В. Щербаков, Ю.М. Артемкина, Т.Н. Пономарева // Электрохимия, т. 44. -2008. -№10 – С.1275-1280.

**Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях автора:**

**а) Научные статьи, опубликованные в журналах, рецензируемых Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан:**

[1–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Усули назорати чараёни полоиш дар асоси сарбанд [Матн] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон №2 (53). – Душанбе, с. 2023, – С. 15-25. - ISSN 2707-8000.

[2–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т. **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.// Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(3). - Душанбе, 2023 г, – С. 67-73. - ISSN 2789-0953.

[3–А]. **Шамсуллоев Ш.А.**, Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотины [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Тоирзода С.Т. Мирзоева Б.М., Чакалова С.Х. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(2). - Душанбе, 2023 г, – С. 73-82. - ISSN 2789-0953.

[4–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Разработка метода контроля сосредоточенной фильтрации вдоль Ионахского разлома [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.** // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(1). - Душанбе, 2025 г, – С. 54-62. - ISSN 2789-0953.

[5–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля качества уплотнительной и козырьковой цементации оголовка солевого пласта вдоль Ионахского разлома [Матн] / **Шамсуллоев Ш.А.** // Маҷаллаи назариявӣ ва илмӣ оид ба истифодаи маҳсулоти "Кишоварз"-и Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур №2 (107). – Душанбе, с. 2025, – С.149-154. - ISSN 2074-5435.

[6–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Выбор экспресс метода и прибора контроля качества приготовления насыщенного солевого раствора [Матн] / **Шамсуллоев Ш.А.** // Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара, бахши илмҳои табиӣ №2 (32). – Данғара, с. 2025, – С.132-145. - ISSN 2410-4221.

[7–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Математическое моделирование интенсивности конвективно-диффузионного растворения солевого пласта [Текст] / **Шамсуллоев Ш.А.**, Давлатшоев С.К., Азизов З.Б. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(2). - Душанбе, 2025 г, – С. 60-67. - ISSN 2789-0953.

**б) Научные статьи, опубликованные в сборниках и других научно-практических изданиях:**

[8–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля гидрогеохимического режима водорастворимого основания высоконапорной плотин [Текст] / Давлатшоев С.К., Сафаров М.М., **Шамсуллоев Ш.А.**// Материалы Тринадцатой Международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии». – Душанбе -Тамбов – 2022 г., – С. 96-101.

[9–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Контроль изменения геотемпературного поля в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М. // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», часть III. Естественные науки. - Душанбе, 2023 г., – С. 237-243.

[10–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины [Текст] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М.// Материалы республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Теплоэнергетика и теплофизические свойства веществ». – Душанбе, 2023 г., – С. 136-139.

[11–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Метод контроля изменения скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях [Текст] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х.// Материалы международной научно-практической конференции «Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения». – Душанбе, 2023 г., – С. 162-168.

[12–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Ченкуниҳои геодезӣ: андозаҳо ва ҳатогиҳои ҳангоми сохтмони иншооти гидротехникӣ [Матн] / **Тоирзода С.Т.**, Расулов Х. Ш., **Шамсуллоев Ш.А.**// Маҷлаи конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи “Рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар робита бо раванди таҳсилот ва истеҳсолот”. – Данғара, с. 2024, – С. 356-362.

#### Патенты

[13–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Способ и устройство для определения коэффициента фильтрации в основании плотины [Патент] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М., Тоирзода С.Т., Чакалов С.Х.// Патент № ТЈ 1406 Республика Таджикистан, МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24. № 2301802, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 5.

[14–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Способ и устройство для определения скорости водного потока в туннелях [Патент] / Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., **Шамсуллоев Ш.А.**, Чакалов С.Х.// Патент № ТЈ 1407 Республика Таджикистан, МПК G 01 P 5/18, E 21 B 47/10. № 2301803, завл. 22.02.2023; опубл. 05.07.2023; Бюл. №197, 2023. – С. 4.

[15–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Способ и устройство для определения коэффициент фильтрации в основании плотины [Патент] / Давлатшоев С.К., **Шамсуллоев Ш.А.**, Мирзоева Б.М. Тоирзода С.Т., Чакалов С.Х. // Евроазиатский патент на изобретение № 048700, завл. №202392867; дата под. завл 12.10.2023 г; дата выд. Патента: 26.12.2024.

#### Учебные пособия:

[16–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Роҳнамо оид ба иҷрои кори курсӣ аз ҷанни иншооти гидротехникӣ, барои донишҷӯёни ихтисоси 1-70040101 – сохтмони гидротехникӣ (васоити таълимӣ) [Матн] / Тоирзода С.Т., Саидзода М.М., Аҳмадов М., Неъматзода Д.С., **Шамсуллоев Ш.А.**// ДДД. – Душанбе, с. 2023. – С. 52.

[17–А]. **Шамсуллоев Ш.А.** Роҳнамо оид ба иҷрои кори мустақилонаи донишҷӯ бо роҳбарии омӯзгор (КМРО) аз ҷанни ташкил ва технологияи корҳои сохтмони гидротехникӣ (дастури таълимӣ-методӣ) [Матн] / Тоирзода С.Т., Саидзода М.М. Неъматзода Д.С., **Шамсуллоев Ш.А.**, Абдуллозода Ё.Ш.// ДДД. – Душанбе, с. 2023. – С. 56.

## АННОТАТСИЯИ

автореферати диссертатсияи Абдуллозода Шодмон Абдулло дар мавзуи «Такмили усулҳои назорати сифати сементатсияи сарғаҳи қабати намак» барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 2.1. Геология, геодезия, гидрология, сохтмон, меъморӣ (2.1.8. Сохтмони гидротехникӣ)

**Калидвожаҳо:** усули назорати сифат, қабати намак, сементатсия, полоиш, сарбанд, тарқиш, муодилаи эпирикӣ.

**Мақсади таҳқиқот.** Такмил додани усулҳои назорати маҳлули намак, сифати сементатсияи сарғаҳи ташаккули намак мебошад.

**Объекти таҳқиқот.** Қабати намак, ки аз рӯи тарқиши Ёнахш мебарояд.

**Мавзуи таҳқиқот** – арзёбии сифати сементатсияи қабати ташаккули намак.

**Навоарии илмӣ таҳқиқот чунин аст:** - усулҳои назорати сифати маҳлули намаки сершуда дар гиреҳи маҳлул барои омода намудани маҳлули сементатсионӣ интиҳоб карда шудаанд; - модели математикӣ ва усули ҳисобкунии амалии маҳлулшавии қабати намак ҳангоми ташаккули роҳи полоиши мутамарказ қор қарда баромада шудааст; - таҳлили технологияи сементатсияи сарғаҳи қабати намак ба воситаи чоҳҳои назорати маҳакгирии обӣ барои муайян кардани сифати қори сементатсионӣ гузаронида шуд; - усули арзёбии сифати сементатсияи сарғаҳи ташаккули қабати намак таҳия шудааст.

**Аҳамияти амалии таҳқиқот:** - интиҳоб ва асосноккунии усули назорати маҳлули намаки сер дар гиреҳи маҳлулӣ барои тайёр кардани маҳлули сементатсионӣ; - таҳияи модели математикӣ ва методологияи ҳисобкунии амалии маҳлулшавии қабати намак ҳангоми ташаккули роҳи концентратсионии полоиш; - қорқарди усули арзёбии сифати сементатсияи сарғаҳи ташаккули қабати намак аз рӯи тағйирёбии майдони ҳарорат.- натиҷаҳои назариявӣ-методии таҳқиқоти қори диссертатсионӣ дар раванди таълим ҳангоми тайёркунии барномаҳои таълимӣ, наشري дастурҳои таълимӣ, монография ва тартибдиҳии маводи маърузавӣ дар зинаи бакалаврият барои фанҳои «Механикаи хокҳо, асосҳо ва таҳқурсиҳо», «Геология ва гидрогеологияи муҳандисӣ», «Иншооти гидротехникӣ», «Ташкил ва технологияи қорҳои сохтмони гидротехникӣ» дар МДТ «Донишгоҳи давлатии Данғара» истифода шуданд; натиҷаҳои таҳқиқотро ҳангоми тайёркунии нақшаҳои таълимӣ, барномаҳои қорӣ ва силлабусҳои фанҳои мувофиқ истифода бурдан мумкин аст.

**Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо.** Дар раванди гузаронидани таҷрибаҳои геологӣ геофизикӣ саҳроӣ дар соҳили чапи НОБ-и Роғуни тарқиши Ёнахш, ки дар он чо баромади қабати намак ба вучуд меояд, натиҷаҳои бадастомада аз ҷиҳати миқдор ва сифат ба маълумоти таҷрибавии қаблан ба дастовардашудаи қорҳои саҳроии геофизикӣ мувофиқат мекунанд. Қорҳои геологӣ геофизикӣ саҳроӣ бо усулҳои пармакунии чоҳҳо ва намунаҳои қорн, асбобҳои кондуктометрӣ ва термометрӣ гузаронида шуданд.

## АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации **Абдуллозода Шодмон Абдулло** на тему «**Совершенствование методов контроля качества цементации оголовка солевого пласта**» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.8. Гидротехническое строительство)

**Ключевые слова:** метод контроля качества, солевой пласт, цементация, сосредоточенная фильтрация, плотина, разлом, эмпирические уравнения.

**Объект исследования:** солевой пласт выходящий по Ионахшскому разлому.

**Предмет исследования:** оценка качества цементации оголовка солевого пласта.

**Цель исследований** – совершенствование методов контроля солевого раствора, качества цементации оголовка солевого пласта.

**Научная новизна диссертации:** - выбраны методы контроля качества насыщенного солевого раствора в растворном узле для подготовки цементационного раствора; - разработана математическая модель и метод практического расчёта растворения солевого пласта при формировании путей сосредоточенной фильтрации; - произведён анализ технологии цементации оголовка солевого пласта гидроопробованием контрольных скважин для определения качества цементационных работ; - разработан метод оценки качества цементации в оголовке солевого пласта.

**Практическая значимость заключается:** в выборе и обосновании метода контроля насыщенного солевого раствора в растворном узле для подготовки цементационного раствора; в разработке математической модели и методике практического расчёта растворения солевого пласта при формировании путей сосредоточенной фильтрации; в разработке метода оценки качества цементации в оголовке солевого пласта по изменению температурного поля; в полученных результатах теоретико-методических исследований, диссертационной работы, которые можно использовать в учебном процессе при составлении образовательных программ, издании учебных пособий, монографий и подготовке курсов лекций по различным дисциплинам бакалавриата; предметам «Механика грунтов, основания и фундаменты», «Геология и инженерная гидрогеология», «Гидротехнические сооружения» и «Организация и технология производства гидротехнических работ» в Дангаринском государственном университете; - результаты исследований могут использоваться при разработке учебных планов, рабочих программ и syllabus для соответствующих дисциплин.

**Достоверность результатов** диссертационной работы подтверждается в процессе проведения полевых геологических геофизических экспериментов в левобережной части Рогунской ГЭС Ионахшского разлома где выходит наружу солевой пласт, полученные результаты количественно и качественно согласуются с экспериментальными данными по ранее выполненным полевым геологическим геофизическим исследованиям. Полевые геологические и геофизические работы проводились методами бурения скважин и отбора кернов, кондуктометрическим и термометрическими приборами.

## ANNOTATION

for the dissertation abstract of **Abdullozoda Shodmon Abdullo** on the topic "**Improving the methods of quality control cementation of the head of a salt formation**" to obtain a candidate of technical sciences degree in specialty 2.1. Geology, geodesy, hydrology, construction, architecture (2.1.8. Hydraulic engineering

**Keywords:** quality control method, salt formation, seal grouting, cap grouting, concentrated filtration, dam, fault, empirical equations.

**Object of study:** salt formation exposed along the Ionakhsh fault.

**Subject of study:** assessment of the quality of seal and cap cementation of the salt formation cap.

**The purpose** – Improving methods for monitoring cementation of the salt formation head.

**Scientific novelty of the dissertations** - selecting methods for monitoring the quality of saturated brine in a grouting unit for preparing grout; - developing a mathematical model and a method for practical calculation of salt formation dissolution during the formation of a concentrated filtration path; - analyzing the technology for cementing the wellhead of a salt formation by hydrotesting test wells to determine the quality of grouting operations; - developing a method for assessing the quality of seal and cap cementation at the wellhead of a salt formation.

**Practical significance** - selection and justification of the method for monitoring the saturated salt solution in the solution unit for the preparation of the cementation solution; - development of a mathematical model and a method for practical calculations of the dissolution of the salt formation during the formation of a concentrated filtration path; - development of a method for assessing the quality cementation in the head of the salt formation based on changes in the temperature field; - the results of theoretical and methodological research, dissertation work can be used in the educational process when compiling educational programs, publishing textbooks, monographs and preparing lecture courses on various bachelor's degree disciplines; subjects "Soil Mechanics, Bases and Foundations", "Geology and Engineering Hydrogeology", "Hydraulic Structures" and "Organization and Technology of Production of Hydraulic Engineering Works" at Dangara State University; - research results can be used in developing curricula, work programs and syllabuses for the relevant disciplines.

**The validity of the dissertation results** was confirmed during field geological and geophysical experiments conducted on the left-bank section of the Rogun hydroelectric power station on the Ionakhsh fault, where a salt layer is exposed. The obtained results are quantitatively and qualitatively consistent with experimental data from previously conducted field geological and geophysical studies. The field geological and geophysical work was conducted using borehole drilling and core sampling, conductometric and thermometric instruments.