

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.10.02 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**ФАЙЗИЕВ ХОМИТХОН**

**ФОСФОГИПС ШЛАМХОНАСИ КОНСТРУКЦИЯСИНИ,  
ҲИСОБИЙ АСОСЛАШ УСУЛИНИ ВА БАРПО ЭТИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.09.06 - Гидротехника ва мелиорация қурилиши**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2018**

**Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**  
**Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract**

**Файзиев Хомитхон**

Фосфогипс шламхонаси конструкциясини, хисобий асослаш усулини  
ва барпо этиш технологиясини такомиллаштириш..... 3

**Файзиев Хомитхон**

Совершенствование конструкции, методов расчетного обоснования и  
технология возведения шламонакопителей фосфогипса..... 29

**Fayziev Khomitkhon**

Improvement of design and methods of analysis and technology of sludge  
collectors for phosphogypsum construction..... 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works ..... 59

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.10.02 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**ФАЙЗИЕВ ХОМИТХОН**

**ФОСФОГИПС ШЛАМХОНАСИ КОНСТРУКЦИЯСИНИ,  
ҲИСОБИЙ АСОСЛАШ УСУЛИНИ ВА БАРПО ЭТИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.09.06 - Гидротехника ва мелиорация қурилиши**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2018**

**Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2018.2.DSc/T.214 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)). Илмий кенгаш веб-саҳифасида (tiame.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида (www.Ziynet.uz) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Маджидов Иномжон Урушевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Гловацкий Олег Яковлевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Салямова Клара Джаббаровна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Боходиров Азизбек Абдулазизович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент давлат техника университети**

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc. 27.06.2017. Т. 10.02 рақамли илмий кенгашнинг “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2018 йил соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Ташкент ш., Қори – Ниязий кўчаси 39-уй. Тел: (+99871) 237-22-67. Факс: (+99871) 237-38-79, -mail: admin@tiame.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Ташкент ш., Қори Ниязий 39, Тел: (+99871) 237-19-45.

Диссертация автореферати 2018 йил “\_\_\_” \_\_\_\_\_ тарқатилди.  
(2018 йил “\_\_\_” \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси)

**Т.З.Султанов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, т.ф.д.

**А.А.Янгиев**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

**М.Р.Бакиев**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (докторлик диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда кўплаб фосфорли минерал ўғит ишлаб чиқарувчи кимё корхоналари мавжуд бўлиб, уларни чиқиндиларини тўпловчи шламхоналар гидротехника иншоотлари конструкцияларини такомиллаштириш, уларни дамбаларини баландлиги бўйича кўтариб қуришни янги схемаларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шу жиҳатдан, шламхоналарни эксплуатацион ишончлилигини ошириш, уларни дамбалари мустаҳкамлиги ва турғунлиги ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш алоҳида аҳамият касб этади. Бу борада, жумладан Осиё, Европа, Африка, Жанубий Америка, АҚШ ва бошқа ривожланган мамлакатларда шламхона дамбаларини лойиҳалашнинг самарали услубларини ишлаб чиқиш, шламхона иншоотлари самарадорлигини ошириш ҳамда уларнинг ишончли эксплуатациясини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилган.

Жаҳонда шламхона конструкцияларини оптималлаштириш, фосфогипсдан дамба материали сифатида фойдаланиш мумкинлигини аниқлаш, дамбаларни фосфогипсдан баландлиги бўйича кўтариб қуришни мустаҳкамлиги ва турғунлиги таъминланган схемаларини ишлаб чиқишга йўналтирилган мақсадли илмий тадқиқот ишлари олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан шламхона конструкциясини такомиллаштириш, фильтрацияга қарши қурилмалар ва сув олиб кетувчи иншоотларни янги конструкциясини яратиш, дамбаларни фильтрация, мустаҳкамлик ва турғунликка ҳисоблаш усулларини, фосфогипсдан дамбалар қуриш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда республикамызда шламхоналарни атроф-муҳитга зарарли таъсирини камайтириш уларни хизмат қилиш муддатини ошириш ва хавфсизлик мезонини ишлаб чиқишга қаратилган кенг қамровли чоратадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «миллий иқтисодиётни рақобатбардошлигини ошириш учун энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, мелиорация ва ирригация объектлари тармоқларини ривожлантириш, ишлаб чиқаришга ресурс тежамкор технологияларни кенг жорий этиш»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан фосфогипсдан дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуришни самарали конструктив ечимларини ҳисобий асослаш ва дамбаларни фосфогипсдан қуриш технологиясини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикасининг Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони.

Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2017 йил 25-сентябрдаги ПҚ-3286-сонли “Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарори, Вазирлар Маҳкамасининг 2016 йил 23-августдаги 273- сонли “2016-2020 йилларда Ўзбекистон Республикасида атроф табиий муҳит мониторинги дастурини тасдиқлаш тўғрисида”ги қарори ҳамда мазкур фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси” ҳамда VIII. “Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом-ашёни қайта ишлаш)” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>2</sup>.**

Фосфорли минерал ўғит ишлаб чиқариш чиқиндиси бўлган фосфогипсни шламхоналарда тўплаш ва уни шламхона ўровчи дамбалари материали сифатида ишлатиш ва дамбаларни мустаҳкамлиги ва турғунлигини ҳисоблаш усуллариини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан “Konne-Ract (Бельгия), “Kemira Oil”(Финляндия), “Shell International Research matseharry”(Англия), “Mitsubishi Rayon”(Япония), Кунмин фан ва техника университети, Пекин фан ва технологиялар университети, Пекин металлургия ва тоғ ишлари илмий тадқиқот институти (Хитой), Бутун иттифоқ гидротехника илмий-тадқиқот институти, Бутиниттифоқ сув таъминоти, канализация, инженерлик гидрогеологияси ва гидротехника иншоотлари илмий-тадқиқот институти, Санкт-Петербург Тоғ институти ва уни қошидаги геомеханика маркази, Санкт-Петербург политехника университети, Минерал ўғитлар ва инсектофунгицидлар илмий-тадқиқот институти, Москва табиатдан фойдаланиш Университети, Москва давлат қурилиш университети (Россия Федерацияси), Тошкент кимё технология институти, Тошкент архитектура-қурилиш институтларида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Фосфогипсдан саноат корхоналари хомашёси сифатида фойдаланиш, уларни ташиш ва шламхоналарда тўплашга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор, жумладан қуйидаги илмий натижалар олинган: фосфогипсдан цемент саноатида, гипсли боғловчи ҳамда олтингутурт кислотаси ишлаб чиқаришда фойдаланиш технологияси ишлаб чиқилган (Кунмин фан ва техника университети, Пекин металлургия ва тоғ ишлари илмий тадқиқот институти, Хитой); фосфогипсдан дамба материали сифатида фойдаланиш мақсадида уни физик-механик ва динамик хоссалари

<sup>2</sup>Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи <https://www.oxy.com/>; <https://www.kemira.com>; <https://www.companiess.com/chinahosphogypsumproduct.html>; <http://ec.europa.eu/>; <http://digital.csic.es>; <https://www.patentgentus.com>; [www.mitsubishichem-d.co.jp](http://www.mitsubishichem-d.co.jp); [www.vniig.rushydro.ru](http://www.vniig.rushydro.ru); [www.watergeo.ru](http://www.watergeo.ru); [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru); [www.spbstu.ru](http://www.spbstu.ru); [www.niui.ru](http://www.niui.ru); [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru) ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

аниқланган, дамбаларни консолидация ва чўкиш ҳисоблари такомиллаштирилган (Бутун иттифоқ сув таъминоти, канализация, инженерлик гидрогеологияси ва гидротехника иншоотлари илмий-тадқиқот институти, Россия Федерацияси), фосфогипсни кимёвий-минералогик таркиби, физик-механик хоссалари ва уларни мустаҳкамлик кўрсаткичларини вақт давомида ўзгариш сабаблари аниқланди, юқори намликдаги иқлим шароитида фосфогипсдан дамбалар қуриш технологиясини ишлаб чиқилган (Санкт-Петербург тоғ институти ва уни қошидаги геомеханика маркази, Россия Федерацияси).

Дунёда фосфогипсни шламхоналарда тўпловчи иншоотларни конструкцияси ва ҳисоблаш усули ҳамда барпо этиш технологиясини такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: фосфогипсни фильтрацияга қарши мустаҳкамлигини аниқлаш ва дренаж қурилмаларини фосфогипсдан химоя қилувчи фильтри донадорлик таркибини танлаш услубини ишлаб чиқиш фосфогипсни атроф-муҳитни ифлосланишдан химоя қилувчи фильтрацияга қарши экранларини янги замонавий материалларни қўллаб, чидамли ва мустаҳкам конструкцияларини яратиш; шламхона сув ташлаш ва дренаж қурилмаларини такомиллаштириш; фосфогипс шламхонасини баландлиги бўйича кўтариб қуришни мустаҳкамлигини таъминланган оптимал ва иқтисодий томондан арзон конструктив ечимларини ишлаб чиқиш; фосфогипс чиқиндихоналарини хавфсизлик мезонларини ишлаб чиқиш ва уни тўлгандан кейин беркитиш ва рекультивация қилиш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Фосфогипсни физик-механик ва динамик хоссаларига оид назарий ва амалий тадқиқотлар Республикамиз ва чет эллардаги: К.М.Блохин, М.Бондаренко, И.Вьяков, С.М.Горюнов, В.М.Микунис, Р.Р.Шарипов, Т.Г.Сагдиев, Х.З.Расулов, С.Сайфиддинов, Ю.Н.Частоедов, Э.Ш.Тынчерова, Н.А.Кутепова, Ю.И.Кутепов, Е.С. Кудашев, М.С.Ивочкина каби олимларнинг ишларида ўз аксини топган.

Шламхонадаги фильтрация жараёнларини, дамбалар мустаҳкамлиги, турғунлиги ва зилзилабардошлигини тадқиқ қилиш, фильтрацияга қарши экранлар янги конструкцияларини яратиш, ўровчи дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуриш ҳамда шламхона ишончлилик ва хавфсизлик мезонларига оид тадқиқотлар В.П. Недрига, В.М. Павилонский, Н.Н.Розанов, В.Г.Мельник, К.Н.Анахаев, Л.Н.Рассказов, Н.А. Анискин, Г.И. Покровский, А.И.Тейтельбаум, В.С. Истомина, В.В.Буренкова, М.В. Дидович, М.Н.Захаров, И.В. Федоров, В.С.Забавин, В. Н. Бухарцев, В.Н.Жиленков, В.Г.Пантелеев, Д.В. Стефанишин, О.М. Финагенов, С.Г. Шульман, С.В.Сольский, М.П.Павчич, В.Кондратьев, А.С.Цейтлин, Ю.Б.Алейников, Т.Г.Сагдиев, С.М.Горюнов, В.М.Микуниса, Р.Р. Шарипов, М.Р.Бакиев, М.М. Мирсаидов, К.С.Султанов, Э.Ж.Махмудов, И.У. Маджидов, К.Д. Саямова, Т.З.Султонов, А.А. Янгиев ва бошқаларнинг ишларида батафсил ёритилган ва маълум ижобий натижаларга эришилган.

Бугунги кунда ушбу йўналишда олиб борилган кенг миқёсдаги тадқиқотларга қарамасдан Марказий Осиё шароитида фосфогипсдан бирламчи

дамба ва уни баландлиги бўйича кўтариб қуришда иккиламчи дамба материали сифатида фойдаланиш масалалари етарлича ўрганилмаган ҳолда қолмоқда. Ушбу дамбаларда фосфогипсни фильтрацияга қарши мустаҳкамлиги (механик ва кимёвий суффозия) катта юклар таъсирида уларни мустаҳкамлиги ва деформацияланиши, дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуришни ҳар-хил схемаларида асосий ва сейсмик кучлар таъсирида умумий турғунлигини таъминлаш ва фосфогипсдан ўровчи дамбалар қуриш технологияси масалалари етарлича ўрганилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий ишлари режаси билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг 13-2001 рақамли «Олмалиқ Аммофос ишлаб чиқариш бирлашмаси фосфогипс шламхонасини лойиҳалаш учун бошланғич маълумотлар ва асословчи материаллар», П-8.26 «Фосфорли минерал ўғит чиқиндиларини тўплашни тежамли усулини ишлаб чиқиш» ва А-5.011 «Фосфорли минерал ўғит чиқиндихоналарини техник ҳолатини баҳолаш ва улардан хавфсизлигини таъминланган ҳолда фойдаланиш ва тўлгандан сўнг беркитиш учун тавсиялар ишлаб чиқиш» мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** фосфогипс шламхонаси конструкциясини, ҳисобий асослаш усуллари ва қурилиш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотни вазифалари:**

фосфогипсдан шламхона дамбаларини материали сифатида фойдаланиш мумкинлигини аниқлаш мақсадида уни физик-механик ва динамик хоссаларини ҳар томонлама ва комплекс аниқлаш;

фосфогипсни тўплаш усулини асослаш ва шламхона дамбаларини баландлиги бўйича кўтариб қуриш схемаларини такомиллаштириш;

шламхонадаги фильтрация жараёнларини тадқиқ қилиш ва фильтрацияга қарши ва дренаж қурилмаларини ҳар хил конструкцияларида фосфогипсни фильтрация ва сувсизлантиришни ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

фосфогипсни фильтрацияга қарши мустаҳкамлигини тадқиқ қилиш ва дренаж қурилмаларини фосфогипсдан химоя қилувчи фильтри донодорлик таркибини танлаш услубини ишлаб чиқиш;

шламхона дамбаларини турғунлик ҳисоблари асосида ишлаб чиқилган конструкциялар ва дамбаларни баландлик бўйича кўтариб қуриш схемаларини асослаш;

фосфогипсни натурада зичлашни тадқиқ қилиш ва фосфогипсдан ўровчи дамбалар ҳамда шламхона фильтрацияга қарши экранларини қуриш технологияси бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш;

ўровчи дамбаларни фосфогипсдан баландлиги бўйича кўтариб қурган ҳолда шламхонани лойиҳалаш ва қуриш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот объекти** сифатида Самарқанд, Олмалиқ, Қўқон шаҳарларидаги фосфорли минерал ўғит ишлаб чиқариш корхоналари шламхоналари олинган.

**Тадқиқот предмети** фосфогипс ва уни физик, механик ва динамик хоссалари, шламхона ўровчи ва бўлувчи дамбалари, дамбалар конструкцияси,



шламхона филтрация ва мустаҳкамлик ҳисоблари, дамбаларни сейсмик кучларга турғунлиги, фосфогипсдан дамба қуриш технологияси ташкил этади.

**Тадқиқот усуллари.** Тадқиқот жараёнида экспериментни математик режалаштириш, математик моделлаштириш, дала ва лаборатория тажрибалари натижаларига статик ишлов бериш ва ҳисоблашнинг компьютер дастурларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

фосфогипсни физик-механик ва динамик хоссаларини ҳисобга олган ҳолда ундан шламхона ўровчи дамбалари материали сифатида фойдаланиш мумкинлиги асосланган;

шламхонадаги филтрацияга қарши ва дренаж қурилмаларини ҳар хил конструкцияларида фосфогипсни филтрация ва сувсизлантиришга ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

дренаж қурилмаларини фосфогипсдан ҳимоя қилувчи фильтри донодорлик таркибини танлаш услуги фосфогипсни алоҳида специфик хусусиятларини ҳисобга олиб такомиллаштирилган;

шламхонанинг самарадорлиги ва фойдаланиш давридаги ишончлилигини таъминловчи фосфогипсни тўплаш усули асосланган ва дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуриш схемалари такомиллаштирилган;

шламхонанинг филтрацияга қарши мустаҳкамлигини ва дамбалар турғунлигини меъёрий миқдорда таъминлашни ҳисобга олиб, шламхона сув ташлаш ва дренаж қурилмаларини янги конструкцияси ишлаб чиқилган;

қурилиш районини табиий иқлимий шароитларини ва дамбалар қуришни технологик талабларини ҳисобга олиб фосфогипсни натурада зичлаш тадқиқотлари натижасида, уни тўкиш, зичлаш бўйича ҳисобий параметрлари аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

шламхона сув ташлаш қурилмасини (IAP 04512, IAP 04513, IAP 05481) ва дренаж-филтрацияга қарши қурилмасини янги конструкцияси ишлаб чиқилди;

сув ўтказмайдиган экранли (полимер пленкали, асфальт полимер-бетонли), экран устида жойлашган дренаж тизимли ва қияликлари пленкали филтрацияга қарши экран билан ҳимоя қилинган бирламчи дамбали чиқиндихона учун сув мувозанати ва сувсизлантиришни ҳисоблаш усули ишлаб чиқилди;

дренаж қурилмаларини фосфогипсдан ҳимоя қилувчи тескари фильтр донодорлик таркибини танлаш услуги ишлаб чиқилди;

қиялик турғунлигини ҳисоблари натижасида дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуришни таклиф қилинган схемалари асосланди, ташқи қияликни чегаравий йўл қўйилган миқдори аниқланди, шламхонани баландлиги бўйича кўтариб қуришни оптимал конструктив схемалари танланди;

шламхона филтрацияга қарши қурилмаларини ва ўровчи дамбаларини фосфогипсдан қуриш технологияси ишлаб чиқилди.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ҳисобий ва назарий маълумотларни солиштириш, назарий механика, физика ва гидромеханиканинг умумий қонуниятларидан, шу билан

бирга, бошқа тадқиқотчиларнинг натижалари билан қиёслаш, ҳамда таклиф этилган конструкцияга патент олинганлиги ва тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти фосфогипсни ўровчи дамбалар материали сифатида фойдаланиш мумкинлигини назарий ва экспериментал асослаш, фосфогипсни тўплашни конструктив ечимларини ва ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш, чиқиндихонада фосфогипсни сувсизлантиришни ҳисоблаш ва дренаж қурилмаларини фосфогипсдан ҳимоя қилувчи тескари фильтр донодорлик таркибини танлаш усули ишлаб чиқилгани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини амалий аҳамияти ўровчи дамбаларни фосфогипсдан баландлиги бўйича кўтариб қуришни таклиф этилган схемаларидан фойдаланиш ҳисобига иктисодий самарадорликка эришилганлиги ва дренаж ва сув ташлаш қурилмаларини янги яратилган конструкцияларидан фойдаланиб уларни ишончлилиги ва хизмат муддатини узайтирилгани билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Фосфогипс шламхонаси конструкцияси, ҳисобий асослаш усуллари ва барпо этиш технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

шламхона сув ташлаш иншооти конструкциясига Интеллектуал мулк агентлиги томонидан ихтирога патент олинган (“Шламхона картасидан сув олиб кетувчи қурилма”, №ІАР- 04513-2012 й.). Натижада, сув қабул қилгич ва сув чиқарувчи қувурни ифлосланишидан ҳимоя қилишга эришиш, ҳамда сув ўтувчи ораликни шандорлар ёрдамида тўсишдаги қўлда бажариладиган ишларни амалга ошириш ва қувурни шламдан тозалаш ишларидан озод қилиш ҳисобига шламхонадан фойдаланиш сарф харажатларини 2-3 мартага камайтириш имкони яратилган;

шламхона сув ташлаш иншоотини конструкциясига Интеллектуал мулк агентлиги томонидан ихтирога патент олинган (“Шламхона картасидан сув олиб кетувчи қурилма”, №ІАР-05481-2017 й.). Натижада, сув ташлаш қурилмасида дренаж ҳимоясидан фойдаланишда сув қабул қилгич ва сув чиқарувчи қувурни ифлосланишини олдини олиш ҳисобига шламхонадан фойдаланиш сарф харажатларини 2-3 мартага камайтириш имкони яратилган;

шламхона ўровчи дамбалари такомиллаштирилган конструкцияси “Ўзкимёсаноат” акциядорлик жамияти тасарруфига кирувчи “Самарқандкимё”; АЖ I ва II навбатидаги фосфогипс шламхонасига жорий қилинган. (“Ўзкимёсаноат” АЖнинг 2018 йил 17 январдаги 01/3-238/П-сонли маълумотномаси). Натижада, фосфогипсни қуруқ усулда тўпланган мавжуд уюмини янги қурилаётган шламхона 1 ва 2 секциялари орасидаги 400 м узунликдаги қисми бўлувчи дамба сифатида қайта ишлов бермасдан сақлаб қолиш ва дамбаинг ҳажмини 424 м<sup>3</sup> га камайтириш имкониятини яратган;

фосфогипс шламхонаси фильтрацияга қарши экранини такомиллаштирилган конструкцияси “Ўзкимёсаноат” акциядорлик жамияти

тасарруфига кирувчи “Самарқандкимё” АЖ I ва II навбатидаги фосфогипс шламхонасига жорий қилинган. (“Ўзкимёсаноат” АЖ нинг 2018йил 17 январдаги 01/3-238/П-сон маълумотномаси). Натижада бўлувчи дамба тубидаги 58.1 м<sup>2</sup>майдондаги фильтрацияга қарши экранни яроқлилигини асосланган ҳолда сақлаб қолиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари халқаро, республика ва институт миқёсидаги 15 та анжуманларда муҳокама қилинган ва маъқулланган, шу жумладан 7 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 46 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фан доктори (DSc) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 12 мақола, 1та монография нашр қилинган ва 3 та ихтирога патентлар (№ IAP04512, № IAP04513, № IAP05481) олинган.

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация таркиби кириш, олтита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 193 бетни ташкил этган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Фосфогипс шламхонасини лойиҳалаш ва қуриш бўйича нашр этилган адабиёт материалларини таҳлили**» деб номланган биринчи бобида фосфогипс шламхонасини лойиҳалаш ва қуриш бўйича нашр этилган маълумотларни қисқача шарҳи келтирилган. Фосфогипсни ташиш ва тўплашни мавжуд усуллари умумлаштириш ва таҳлил қилиш ишлари бажарилган. Шламхона конструкцияси бўйича тўпланган маълумотлар умумлаштирилган. Фосфогипсни физик-механик, динамик ва фильтрацияга оид хоссалари бўйича бажарилган ишлар таҳлил қилинган.

Саноат чиқиндиларини ташиш ва тўплаш ҳар хил усулларда амалга оширилади, жумладан: автомобил транспорти орқали, гидравлик тизим ёрдамида лентасимон конвейр ва осма йўл биргаликда.

Замонавий шароитда фосфогипсни ташиш ва тўплаш самарадорлигини оширишнинг энг келажаги порлоқ йўлларида бири, бу фосфогипсни ташиш ва тўплашда гидравлик усулдан фойдаланиш ва дамбаларни фосфогипсдан баландлиги бўйича кўтариб қуриш ҳисобланади. Гидравлик усулни мавжуд бошқа усулларга нисбатан афзаллигига, уни арзонлиги, технологиклиги,

фойдаланишдаги қулайликлари ва бошқаларни киритиш мумкин. Масалан, қатор лойиҳаланган объектларда куруқ усулда тўплашни гидравлик усулда тўплашга нисбатан таққослаганда капитал харажатлар ва фойдаланиш сарф харажатлари иккинчи усулда биринчисига нисбатан 1,2-1,5 марта кам эканлиги маълум бўлди.

Фосфогипсни гидравлик усулда ташиш дунёни қатор мамлакатларида (АҚШ, Франция, Белгия ва б.) муаффақиятли жорий этилмоқда. МДХ давлатларида фосфогипсни гидравлик усулда ташишдан Череповец, Волхов, Чоржуй, Краснодар кимё заводлари ва Жамбул суперфосфат заводида қўлланиб келинмоқда. Бизнинг Республикамизда фосфогипсни ушбу усулда ташишдан Самарқанд кимё заводида қўлланилган.

Диссертациянинг «**Фосфогипсни таркиби ва хоссаларини тадқиқ қилиш**» деб номланган иккинчи бобида фосфогипсдан шламхона ўровчи дамбаларини қурилиш материали сифатида фойдаланиш мумкинлигини аниқлаш мақсадида, уни кимёвий таркиби, физик-механик ва динамик хоссаларини комплекс ўрганиш натижалари келтирилган.

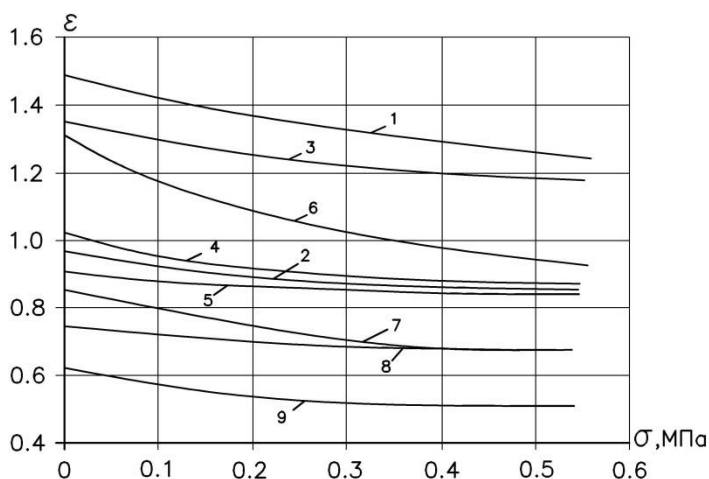
Фосфогипс бу фосфорли минерал ўғит ишлаб чиқаришда фосфор кислотасини экстракция қилишдаги (ЭФК) иккиламчи хом ашё (чиқинди) ҳисобланади. Корхонада ЭФК қилишни белгиланган режимига кўра фосфогипс иккигидратли ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ва ярим гидратли ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) бўлади. Фосфогипсни ювиш ва ундаги моддаларни зарарсизлантириш даражасига кўра нордон ( $\text{PH}=2\div5$ ), нейтраллаштирилган ( $\text{PH}=5\div7$ ) ва сувда эрувчи  $\text{P}_2\text{O}_5$  в.р қисми ювилган бўлади.

Фосфогипс майда заррали деярли бир жинсли кулранг-оқ, заводдан чиқиш жойида юқори намликка эга бўлган ( $W=37-43\%$ ) материал. Чиқиндини асосий элементи икки сувли сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) бўлиб, массаси бўйича 86-94% оралиқда ўзгаради. Чиқинди таркибига ундан ташқари яна унча катта бўлмаган миқдорда енгил эрийдиган тузлар (1,3-1,4%) ва эримайдиган тузлар (5-13%) ҳам киради.

Фосфогипс таркибидаги енгил эрийдиган тузлар миқдори ҚМҚ 2.06.05-98 да дамба материали сифатида фойдаланилаётган грунтлар учун ўрнатилган миқдордан (5%) юқори эмас.

Фосфоритли ва апатитли хом ашёдан олинадиган фосфогипсни ўртача кимёвий ва гранулометрик таркиби келтирилган. Уларни таҳлили шуни кўрсатдики, фосфоритли фосфогипсни юмшоқлиги юқори, уни миқдори қумли гил ва гилли қум юмшоқлигига яқин. Апатитли фосфогипс юмшоқлик хоссасига эга эмас. Уларни боғланмаган грунтларга киритиш мумкин.

Фосфогипсни физик-механик характеристикалари скелет ҳажм оғирлиги  $\rho_d$  ва сув шимувчанлиги  $G$ , уни иккита ишчи ҳолати учун аниқланган. Ушбу параметрларни ўзгариш оралиғи: гидроуюмда  $\rho_d=920-1260 \text{ кг/м}^3$  ва  $G=1$ , дамба танасида  $\rho_d=1230-1400 \text{ кг/м}^3$  ва  $G=0,5-0,95$ . Фосфогипс заррачаларини зичлиги  $\rho_s=2300-2400 \text{ кг/м}^3$ , максимал молекуляр намлиги  $W_{\text{м.в.}}=22-25\%$ , тўлиқ сув сиғими  $W_{\text{п.в.}}=50-58\%$ , сув берувчанлик коэффициенти  $\mu=0,6-2\%$ .



**1-расм. Иккисувли фосфогипсни ғоваклик коэффициенти  $\varepsilon$  юк  $\sigma$  га боғлиқлик графиги.**

1-нейтрализацияланган фосфогипс ( $\rho_d=920-1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ );  
 2-нейтрализацияланган фосфогипс ( $\rho_d=1150-1180 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ );  
 3-нордон фосфогипс ( $\rho_d=960-1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ ); 4-нордон фосфогипс ( $\rho_d=1130-1150 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ ); 5-нордон фосфогипс ( $\rho_d=1200-1260 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ ); 6-ювилган фосфогипс ( $\rho_d=1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ ); 7-ювилган фосфогипс ( $\rho_d=1250 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=1$ ); 8-нордон ва нейтрализацияланган фосфогипс ( $\rho_d=1310 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=0,5-0,95$ ); 9-ювилган фосфогипс ( $\rho_d=1380-1430 \text{ кг/м}^3$ ;  $G=0,5-0,95$ )

**Фильтрация коэффициенти.** Тадқиқ қилинган фосфогипсни фильтрация коэффициентини  $\rho_d=1200 \text{ кг/м}^3$  миқдорида  $k_f=8,4 \cdot 10^{-5} \text{ см/с}$  ташкил қилади ва  $\rho_d=1400 \text{ кг/м}^3$   $k_f=2,1 \cdot 10^{-5} \text{ см/с}$  гача камаяди.

Фосфогипсни компрессион хоссасини тадқиқ қилиш учун тадқиқотларда экспериментлар сонини камайтириш имкониятини берувчи, экспериментни математик режалаштириш услубидан фойдаланилди.

Дастлаб тажриба тадқиқотлари асосида  $z_i$  факторни даражасини белгилаш учун компрессия эгри чизигини учинчи даражали полином кўринишидаги регрессия тенгламаси тузилди:

$$\bar{\varepsilon} = a_0 + a_1\sigma + a_2\sigma^2 + a_3\sigma^3 \quad (1)$$

бунда:  $\bar{\varepsilon}$  - ғоваклик коэффициентини;  $a_i = a_0, a_1, a_2, a_3$  - тадқиқ қилинаётган фосфогипсни турига ва уни ишчи ҳолатига боғлиқ бўлган полиномлар коэффициентлари.

Фосфогипсни гидроотвалда деформацияланиши учун қуйидаги регрессия тенгламасига эга бўлинди:

$$\ln \varepsilon = 0,7 \ln \sigma - 2,02 - 0,32z_1 - 0,43z_2 \quad (2)$$

фосфогипсни дамба танасидаги ҳолати учун эса регрессия тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\ln \varepsilon = 0,82 \ln \sigma - 2,2 - 0,092z_1 - 0,401z_2 \quad (3)$$

бунда:  $z_1 = \rho_d$  1230-1360  $\text{кг/м}^3$  оралиғда ўзгаради,  $z_2 = P_{O_5}$  0-0,5 % оралиғда.

Ғоваклик коэффициентини  $\varepsilon$  билан юк  $\sigma$  орасидаги боғланиш графиги 1-расмда келтирилган. Зичланиш коэффициентини миқдори босим миқдори ортганда ғоваклик коэффициентини камайтиришга олиб келувчи  $a = \Delta\varepsilon / \Delta\sigma$  нисбатдан аниқланади.

Фосфогипсни деформацияланишига оид тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, гидроуюмда уни ўртача сиқилувчанликка эга бўлиб, уни чўкиш модули  $\ell_\sigma=5,5-1,42 \text{ мм/м}$  ва умумий деформация модули  $\sigma=0,5 \text{ МПа}$  да -  $E=6,4-11 \text{ МПа}$  оралиқда ўзгаради (II категория). Тўғон танасида максимал зичликда ва оптимал намликда  $W_{\text{опт}}$  ётқизилган фосфогипс унча катта бўлмаган чўкиш

моделли  $\ell_{\sigma}=4,7-5,5$  мм/м ва умумий деформация моделига  $E=15-21$  МПа эга,бу эса уни кам сиқилувчанлигини кўрсатади (I категория).

Стандарт зичлаш усулида фосфогипсни оптимал намлиги  $W_{\text{опт}}$  ва курук ҳолатдаги максимал зичлиги  $\rho_d$  аниқланди, уни натижалари 2-расмда келтирилган.

Ушбу натижаларни таҳлили шуни кўрсатдики, тадқиқ қилинган фосфогипсни  $1350-1450$  кг/м<sup>3</sup>га тенг бўлган курук ҳолдаги максимал зичлигига  $\rho_d$  уни 20-28 % намлигида эришилар экан. Ушбу намлик оралиғи оптимал намлик  $W_{\text{опт}}$  деб қабул қилинади. Намликни ушбу 28% миқдордан ортиши  $\rho_d$  камайишига олиб келади.

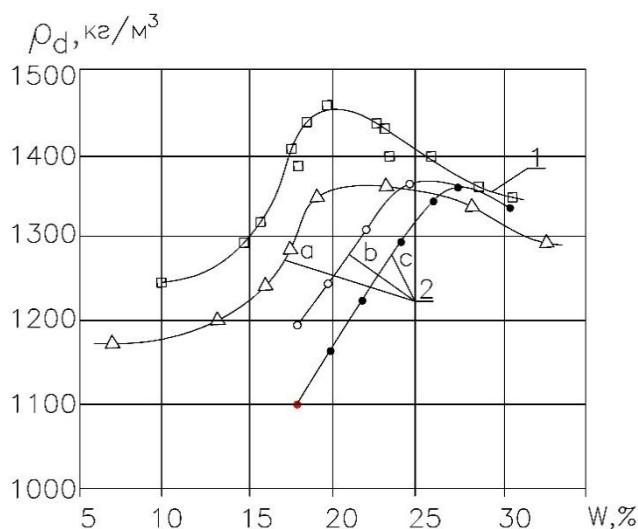
Фосфогипсни силжишга бўлган қаршилигини ўрганиш масаласи икки сувли фосфогипсни  $P_2O_5$  в.р. таркибини юқори ва пастки миқдорларидаги икки хил типи учун алоҳида кўрилди: а) нордон ва нейтрализацияланган ( $P_2O_5$  в.р. 0,5% гача); б) ювилган  $P_2O_5$  (0%).

Фосфогипс уни иккита ишчи ҳолати учун: сувга тўйинган  $G = 1$  ва нам ҳолатида  $G = 0,25-0,86$  тадқиқ қилинди.

Эксперимент зичлик ўзгаргандаги нам фосфогипс учун чизиқсиз боғланишни қидирувчи бир факторли қилиб қўйилди:

$$y = a_0 + a_1\rho + a_2\rho^2 + a_3\rho^3 \quad (4)$$

бунда:  $y$  - ( $\varphi$  ёки  $c$ ) фосфогипсни ички ишқаланиш бурчаги ёки солиштирма боғланиш кучи;  $\rho$  - ( $\rho_d$ ) скелет хажм оғирлиги.



1-  $P_2O_5$  в.р.дан ювилган Олмалик фосфогипси (сарфланган иш  $A=1,06$  кДж); 2-Самарканд фосфогипси; а-даблбаки( $A=1,06$  кДж)в и с-нейтрализацияланган  $A=1,06$  кДж ва  $A=0,55$  кДж.

**2-Расм.Фосфогипсни зичланиши.**

Мисол тариқасида Олмалик фосфогипсини  $P_2O_5$  в.р.дан ювилган  $v=5$  ва  $\rho_d = 1400$  кг/м<sup>3</sup> бўлган миқдорлари учун силжишга тадқиқ қилиш натижалари келтирилган. Ҳисоблашлар натижасида регрессия ишончли тенгламасини қуйидаги якуний боғланишига олиб келди:

$$\hat{t} = 0,056 + 0,866\sigma \quad (5)$$

бунда:  $C=0,056$  МПа,  $\varphi=41^\circ$ .

3-расмда  $\tau$  ва  $\hat{\tau}$  ларни тажриба натижасидаги ва ҳисобий боғланишлари келтирилган.

Ички ишқаланиш бурчаги ва боғланиш кучини ҳисобий миқдорлари фосфогипсни ишончлилик оралиғини қуйи чегарасида хавфсизлик коэффицентини ҳисобга олиб қабул қилинган. Қуйидаги регрессия тенгламалари олинган:

Нордон ва нейтрализацияланган фосфогипс учун:

$$C_p = 1,943 \cdot 10^{-2} - 8,83 \cdot 10^{-5} \rho + 1,03 \cdot 10^{-7} \rho^2 - 1,15 \cdot 10^{-11} \rho^3$$

(6)

$$\varphi_p = 275 - 5,81 \cdot 10^{-1} \rho + 4,24 \cdot 10^{-4} \rho^2 - 9,12 \cdot 10^{-8} \rho^3.$$

$P_2O_5$  в.р. дан ювилган фосфогипс учун:

$$C_p = 0,625 - 1,26 \cdot 10^{-3} \rho + 0,782 \cdot 10^{-6} \rho^2 - 1,26 \cdot 10^{-10} \rho^3$$

(7)

$$\varphi_p = 87,6 - 8,4 \cdot 10^{-2} \rho - 3,97 \cdot 10^{-6} \rho^2 + 2,79 \cdot 10^{-8} \rho^3$$

Ушбу (7 ва 8) тенгламалар бўйича олинган натижалар боғланиш графиги 4-расмда келтирилган.

Фосфогипсни мустаҳкамлик характеристикалари  $\varphi_p$  ва  $C_p$  қуйидагича: нейтрализацияланган, дастлабки ва  $P_2O_2$  в.р. ювилган фосфогипсларда  $\rho_d$  ва  $W$  мос қийматларида бир-бири билан таққослаш мумкин. Фосфогипс гидроуюмида  $\rho_d=850-1250$  кг/м<sup>3</sup> бўлганда  $\varphi=26^0$ ,  $C=0,01$  МПа ва  $\rho_d>1250$  кг/м<sup>3</sup> бўлганда-  $\varphi=26^0$ ,  $C=0,02$  МПа. Дамбалар учун нейтрализацияланган ёки дастлабки фосфогипсни 1300-1360 кг/м<sup>3</sup> зичликда оптимал намликдаги  $W_{\text{опт}}$  мустаҳкамлик хоссаларини  $\varphi=35^0$ ,  $C=0,04$  МПа деб қабул қилинади.

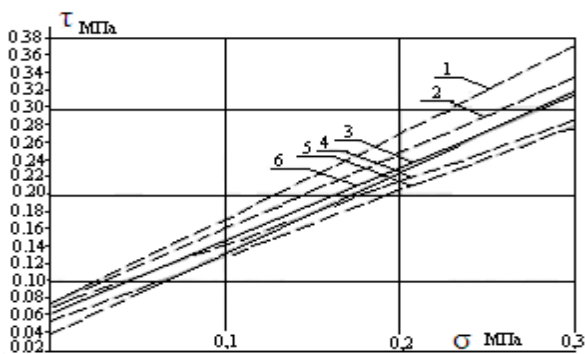
Фосфогипсни мустаҳкамлик хоссаларини ундаги  $P_2O_2$  в.р. ювиш ҳисобига янада яхшироқ зичлаб ошириш мумкин. Ювилган фосфогипсни ҳисобий характеристикаларини миқдори уни зичлиги  $\rho_d=1400-1450$  кг/м<sup>3</sup> ва  $W_{\text{опт}}$  бўлганда  $\varphi=43^0$ ,  $C=0,06$  МПа ташкил қилади.

Фосфогипс ва грунтни мустаҳкамлик характеристикаларини таҳлил қилиш шуни кўрсатдики,  $\varphi_w$  бўйича уни миқдори гилли грунтга нисбатан 15-20<sup>0</sup> юқори,  $C_w$  бўйича эса гилли грунтга яқин.

Фосфогипсни динамик хоссаларини ўрганиш бўйича тадқиқотлар экспериментал йўл билан олиб борилди. Сувга тўйинган фосфогипсни таркибини динамик бузилишини баҳолаш мезони қилиб критик тезланиш усулидан фойдаланилди. Сувга тўйинган фосфогипсни тебранма зичланиши ва тебранма ёпишқоқлигини ўрганиш бўйича тадқиқотлар горизонтал ҳаракатланувчи тебранма стендга ўрнатилган ўлчамлари 20x20x40см бўлган одометрда ўтказилди. Динамик таъсир параметрлари қуйидаги ораликда ўзгаради: силжиш амплитудаси 1-4мм; тебраниш частотаси-2-20гц; тезланиши-50-500см/с<sup>2</sup>, таъсир қилиш муддати 5-60с ва ундан кўпроқ.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, таъсир интенсивлиги ортиши билан фосфогипсни ётқизиш зичлигини миқдори аста секин ортиб боради.

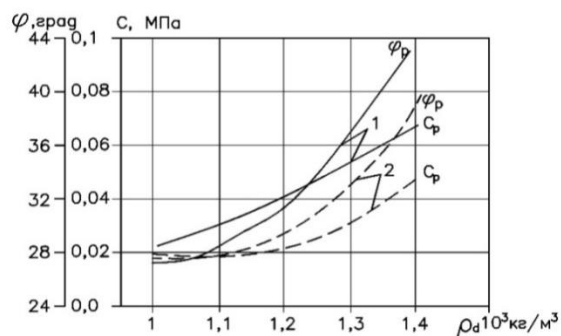
Белгиландики, тебраниш частотаси амплитудага нисбатан тебранма зичланиш жараёнига кўпроқ таъсир қилади. Динамик таъсир муддати ушбу жараёнга сезиларли таъсир ўтказидади.



**3-расм.  $P_2O_5$  в.р. дан ювилган  $\rho_{ск} = 1400 \text{ кг/м}^3$  бўлгандаги Олмалиқ фосфогипси учун тажриба  $\tau$  ва ҳисобий  $\hat{\tau}$  боғланиш графиклари.**

а) тажриба: 1-  $W=20\%$ ,  $C=0,07 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=44,6^\circ$ ; 2-  $W=25\%$ ,  $C=0,069 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=41,2^\circ$ ; 3-  $W=22\%$ ,  $C=0,038 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=43,2^\circ$ ; 4-  $W=15\%$ ,  $C=0,068 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=36,1^\circ$ ; 5-  $W=24\%$ ,  $C=0,053 \text{ МПа}$ ,  $\varphi=37^\circ$ .

б) ҳисобий 6-  $\hat{\tau}=0,056+0,866 \sigma$ .



**4-расм. Икки сувли фосфогипсни ҳисобий характеристикалари  $\varphi_p$  ва  $C_p$ . 1-нордон ва нейтрализацияланган; 2-  $P_2O_5$  дан ювилган.**

Фосфогипсни зичлиги ортиши билан динамик мустаҳкамлиги ҳам ортади. Тебраниш тезланиши ошиши билан фосфогипсни жойлашиш зичлиги ортади ва у аста секин ўзини максимал мумкин бўлган миқдорига яқинлашади.

Тебраниш амплитудасини кичкина миқдорида сувга тўйинган фосфогипс динамик таъсирга камроқ чидамли бўлади.

Тебранма ёпишқоқлик сувга тўйинган фосфогипсни унга динамик таъсир бўлганда хоссаларини характерлайдиган кўрастқичларидан бири ҳисобланади ва тебранма ёпишқоқлик коэффиценти  $\eta$  билан ифодаланади.

Тебранма ёпишқоқлик коэффиценти бошланғич зичлик, намлик ва агрегат ҳолатига кўра ўзгариши ўрганилди. Уни натижалари шуни кўрсатдики, намлик миқдорини 13 дан то 22% гача бўлган оралиғида тебранма ёпишқоқлик ортади ва оптимал намликда ўзини энг юқори миқдорига етади, сўнгра намлик яна ортиши билан камаяди, ва охир оқибатда фосфогипсни динамик мустаҳкамлигини камайишига олиб келади. Агрегат ҳолатини тебранма ёпишқоқликка таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, эланган фосфогипсни тебранма ёпишқоқлиги, таркибий боғланиши яхши бўлгани ҳисобига, эланмаганга нисбатан кўпроқ экан.

Фосфогипсни қуйқаланиш жараёнини параметлари миқдори юқорида келтирилган тебранма стендда динамик таъсир орқали ўрганилди.

Фосфогипсни қуйқаланиш жараёнини тадқиқ қилиш натижалари шуни кўрсатдики, миқдори бўйича унча катта бўлмаган динамик таъсирда уни тўлиқ қуйқаланиши юз беради. Яъни, масалан,  $\rho_d = 1,23 \text{ г/см}^3$  зичликда ётқизилган фосфогипс учун уни тўлиқ қуйқаланиши  $z=16,5 \text{ см}$  қатлам учун  $\omega=540 \text{ см/с}^2$ ,  $z=28,5 \text{ см}$  ли қатлам учун эса  $\omega=670 \text{ см/с}^2$  бўлганда юз беради.

Сувга тўйинган ( $G=0,8-0,96$ ) фосфогипсда ўтказилган тажриба натижалари шуни кўрсатдики, динамик босим  $h_z$  ни ҳосил бўлиши бизни тажрибада динамик



куч кўйилганидан 3-15 с кейинги ораликга тўғри келади. Умуман ушбу ходиса таъсир интенсивлигига, фосфогипсни зичлигига ва ташқи юк таъсирига боғлиқ бўлади.

Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, динамик босимни фосфогипс қатлами баландлиги  $z$  га нисбати (фосфогипсни ётқизиш зичлиги  $\rho_d=1,25 \text{ г/см}^3$  бўлганда) тебраниш тезланишига кўра қуйидагича ўзгаради:

Интенсивлик				
I (балл)	7	8	9	10
тезланиш				
$\omega$ ( $65 \text{ см/с}^2$ )	50-100	100-200	200-400	400-600
Ортиқча нисбий				
босим $h_z/z$	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,9	0,9-1,0

Диссертацияни «**Фосфогипс шламхонаси конструктив ечимларини такомиллаштириш**» деб номланган учинчи бобида Фосфогипс шламхонасини баландлиги бўйича кўтариб қуриш схемалари ва усуллари келтирилган.

Фосфогипсни сув ёрдамида ташиш ва тўплашни иккита усули кўриб чиқилган: I- маълум усул бўлиб бунда чиқинди бевосита шламхонага тўкилади ва унда қаттиқ заррачалар чўкиб қолади ва тинган сув қайта айланма сув таъминотида ишлатилади.

II–фосфогипсни тўплашни ушбу усули иншоотлари таркиби, чиқиндини сув билан ташиш тизими ва фильтрацияга қарши ва дренаж қурилмалари билан жиҳозланган грунтдан ёки махсус материалдан барпо этилган бирламчи дамбани ўз ичига олган гидроуюмдан иборат бўлиб, у биринчи усулдан шуниси билан фарқ қиладики, бунда қуйқа шаклида ташилаётган чиқиндини бир қисми тўплаш учун бевосита гидроуюмга ва қолган қисми эса сувсизлантириш бўғини ва ундан сўнг қуришти майдончасига юборилади. Вақтинчалик қуришти майдончасида оптимал намликкача қуриштиланган фосфогипсдан дамба қуриш материали сифатида фойдаланилади. (5-расм).

Чиқиндиларни сув билан тўплаш амалиётида шламхона дамбаларини баландлиги бўйича кўтариб қуришни ҳар хил схемаларидан фойдаланилмоқда. Улардан асосийси қилиб қуйидагилар қабул қилинган: ички (В)-I, марказий (Ц)-II ва ташқи (Н)-III (6-расм). Маълум бир шароитларда ушбу схемаларни аралашмасидан ҳам фойдаланиш мумкин, масалан: ички-марказий (ВЦ)-IV, марказий-ички (ЦВ)-V, ташқи-ички (НВ)-VI, ички-ташқи (ВН)-VII, марказий-ташқи (ЦН)-VIII ва ташқи-марказий (НЦ)-IX, (7-8 расмлар). Барча схемаларда қуйидаги белгилашлар киритилган: 1-бирламчи ўровчи дамба; 2-иккиламчи дамбалар;

гидроуюми; 5-ховузча;

3-фильтрацияга қарши экранлар; 4-фосфогипс

6-депрессия эгри чизиғи; 7-контурли дренаж;

8- шламхона замини.

Қайд этилган схемалардан қайси бирини, ҳамда шламхонани кўтариб қуриш баландлигини танлаш масалалари дамбалар ташқи қиялиги турғунлиги ҳисоблари ва уларни параметрларини техник-иқтисодий таққослаш натижаларини таҳлил қилиш орқали танлаб олинади.

Фосфорли минерал ўғит шламхоналарида ер ости ва ер усти сув манбаларини фосфогипс таркибидаги зарарли моддалар (фторидлар,

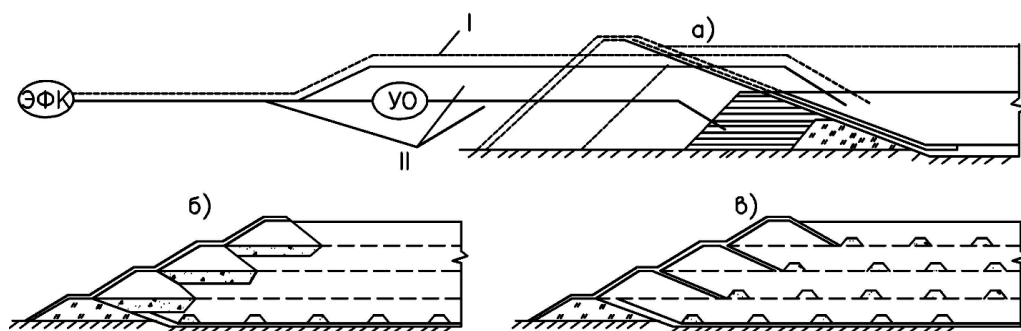
фосфатлар, сульфатлар) томонидан ифлосланишидан ҳимоя қилиш мақсадида, иншоотни ишончли ишлашини таъминлайдиган ва оқова сувларни чиқиб кетишини тўлиқ бартараф этадиган фильтрацияга қарши қурилмалар мажмуасидан фойдаланилмоқда.

Фосфогипс шламхоналарида уни бутун майдонини экран билан тўсувчи ва экран устида жойлашган дренажларнинг ҳар хил схемаси: қатламли, банкет тизимли (дренажлар орасидаги масофа 25-40 м бўлган), комбинацияли дренажлардан иборат бўлган фильтрацияга қарши қурилмалардан кенг фойдаланилмоқда. Дамбаларни ташқи томонга кўтариб қуриш схемасида дренажлар тизими яна контурли банкетли дренажни такомиллашган кўринишидан ёки ички томонга кўтариб қуриш схемасида қувурли дренаждан фойдаланишни кўзда тутади.

Сейсмик районларда жойлашган шламхоналарда фильтрацияга қарши экран сифатида қалинлиги  $\delta=0,02$  мм бўлган икки-уч қават полиэтилен плёнкадан фойдаланиш тавсия қилинади.

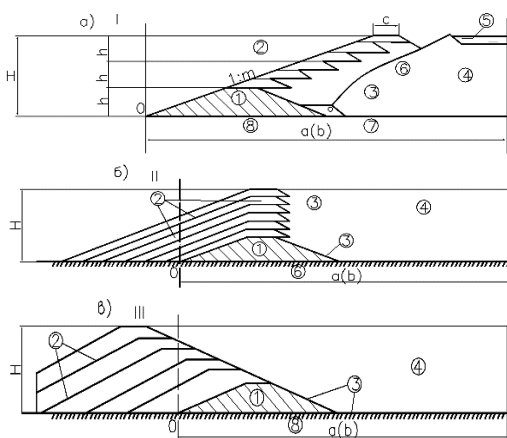
Биз томонидан шламхона дренаж-фильтрацияга қарши қурилмасини янги конструкцияси ишлаб чиқилди (А.С.№172555). Ушбу конструкция шламхонадан фильтрация натижасида сизиб чиқаётган саноат оқоваларини самарали тутиб қолиш имкониятини яратади. Ушбу қурилмадан фойдаланиш шламхона учун ажратиладиган ер майдонини камайтиради ва унга сарфланадиган капитал маблағлар миқдорини ва қурилиш муддатини қисқартиради.

Сув ташлаш қурилмасини янги конструкцияси ишлаб чиқилди (IAP 04512, IAP 04513, IAP 05481). Ушбу қурилма сув қабул қилгич ва сув чиқарувчи қувурни ифлосланишидан ҳимоя қилади, ҳамда сув ўтувчи оралиқни шандорлар ёрдамида тўсишдаги қўлда бажариладиган ишларни бажариш ва қувурни шламдан тозалаш ишларидан озод қилади, бу эса битта шламхонада ундан фойдаланиш сарф харажатларини 2-3 мартага камайтиради.

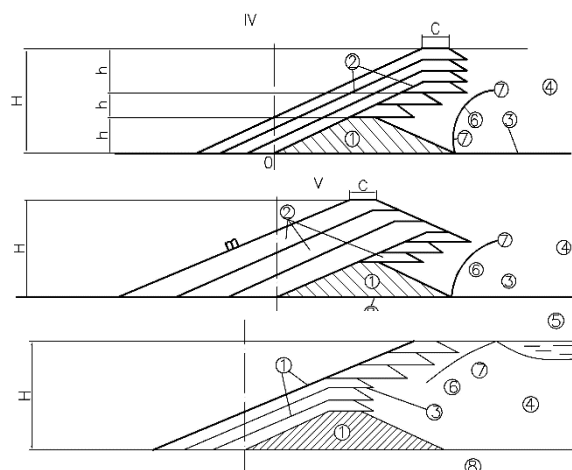


#### **5-расм. Фосфогипсни сув билан тўплаш усули ва шламхонани конструктив схемалари.**

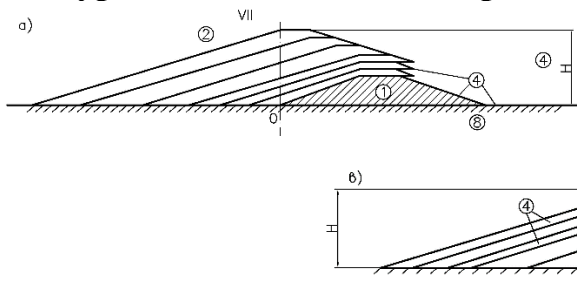
I – уюмдаги фосфогипсдан дамба қуриш; II – сувсизлантирилган фосфогипсдан дамба қуриш; шламхонани баландлиги бўйича кўтариб қуриш вариантлари: а) ташқи, б) ички, дренаж тизими билан кучайтирилган в) ички, ярусли фильтрацияга қарши қурилмали.



**6-расм.Шламхонани кўтариб қуришни асосий схемалари.**



**7-расм. Шламхонани кўтариб қуришни комбинацияли схемалари.**



**8-расм.Шламхонани кўтариб қуришни комбинацияли схемалари.**

Диссертацияни «фосфогипс шламхонасидаги фильтрацияга оид жараёнларни тадқиқ қилиш» деб номланган тўртинчи бобида шламхонадаги фильтрация жараёнларини тадқиқ қилиш натижалари ва фильтрацияга қарши ва дренаж қурилмаларини ҳар хил конструкцияларида фосфогипсни сувсизлантириш ва фильтрацияни аниқлаш услуби келтирилган.

Филтрацияга қарши экранли (полимер плёнкали, асфальт полимер-бетонли), дренаж устида жойлашган дренажли ҳамда қиялиги полимер плёнкали фильтрацияга қарши экран билан қопланган бирламчи дамбали шламхонани мувозанат ва сувсизлантириш ҳисобларини назарий асослари келтирилган.

Ҳовузчадаги суюқлик тинган, шлам қатлами сиқилмайди деб фараз қиламиз. Шламхонани тўлдириш икки босқичда амалга оширилади: биринчи босқичда берилган  $h_0$  чуқурликдаги ҳовузча ҳосил бўлади; иккинчи босқичда ҳовузчадаги сув чуқурлиги  $H_0$  сув ташлаш қурилмалари ёрдамида бир хил ушлаб турилади.

Қуйқани шламхонага оқишиш уни бутун периметри бўйлаб бир текисда ва бир хил сарфда амалга оширилади. Шлам қалинлиги  $z_1(t)$ , ҳовузчадаги сув чуқурлиги  $h_0(t)$ , сув ташлаш кудуғи орқали олиб кетиладиган фильтрация сувларини солиштирма сарфи  $q_0(t)$ , фильтрация сувлари солиштирма сарфи  $q_\phi(t)$ , шламхона картасини тўлиш муддатини аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар системасидан фойдаланамиз:

Массани сақлаш:

$$q = \frac{dh_0}{dt} + \frac{dz_1}{dt} + q_\phi + q_0 + \varepsilon, \quad \varepsilon = \varepsilon_u - \varepsilon_0 \quad (8)$$

Қаттиқ заррачаларни чўкиш динамикаси:

$$\frac{dz_1}{dt} = \alpha q, \quad \alpha = \frac{c}{\gamma_2 (1 - n_1)}, \quad \frac{c}{\gamma_2} = \frac{\eta_{B.K} \gamma^*}{1 + \eta_{B.K} \gamma^*}, \quad \gamma = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \quad (9)$$

Шлам қатламидаги фильтрация:

$$q_\phi = K_1 \cdot \frac{h_0 + z_1}{z_1} \quad (10)$$

бунда:  $q$ - куйқани солиштира сарфи, м/сут;  $\epsilon_{и,о}$ - буғланиш ва ёғин модели, м/сут;  $c$ - куйқадаги қаттиқ заррачалар концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_1, \gamma_2$ - сув ва фосфогипсни солиштира оғирлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta_{B.K}$ - куйқани оғирлик бўйича консистенцияси;  $K_1$ - фосфогипсни фильтрация коэффиценти, м/сут;  $n_1$ - фосфогипсни ғоваклиги.

Шлам қатламини қалинлигини  $z_1$  (t) ўзгаришини куйидаги боғланишдан аниқланади:

$$z_1 = \alpha \cdot q \cdot t \quad (11)$$

(11) тенгламадаги  $z_1$  (t) (10) тенгламага қўйиб, сўнгра  $q_\phi(t)$  ва  $z_1(t)$  (8) қўямиз. Бунда 1-тартибли бир жинсли дифференциал тенглама ҳосил бўлади.

$$\frac{dh_0}{dt} - (1 - \alpha)q + \epsilon + \frac{K_1 h_0}{\alpha q t} = 0 \quad (12)$$

Ушбу тенглама  $t=t_H$  ва  $h_0=0$  бўлганда куйидаги хусусий ечимга эга:

$$h_0 = c_1(t - t_H) \quad c_1 = \frac{[(1 - \alpha)q - \epsilon - K_1] \alpha q}{K_1 + \alpha q} \quad (13)$$

бунда:  $t_H$ - пленка устидаги ҳимоя қатламини сувга тўйиниш муддати. Уни куйидаги тенгликдан аниқлаймиз:

$$t_H = \frac{V_B}{Q_B}, \quad V_B = m \cdot S_i \cdot n_0, \quad Q_B = (1 - \alpha)Q_n \quad (14)$$

Бунда:  $V_B$ - қалинлиги  $m$ , ғоваклиги  $n_0$ , замин майдони  $S_i$  бўлган қатламни сувга тўйиниши учун сарф қилинадиган сув ҳажми;  $Q_B$ - келиб тушаётган суюқлик сарфи;  $Q_n$ -куйқа сарфи;  $z_1(t)$ - шлам қалинлиги ва ҳовузчадаги сув чуқурлиги тўғри чизиqli қонун бўйича ўзгаради.

Ҳовузчани тўлиш жараёнида, яъни биринчи босқичда, фосфогипс қатлами орқали фильтрацияланаётган солиштира сув сарфи (10) тенгламадан (11) ва (13) ларни ҳисобга олиб аниқланади ва куйидаги кўринишга эга:

$$q_\phi = K_1 \frac{C_1(t - t_H) + \alpha q t}{\alpha q t} \quad (15)$$

Сув ташлаш қудуғи орқали олиб чиқиб кетиладиган сув сарфи (8) тенгламадан (11) ва (15) ҳисобга олиб аниқланади:

$$q_0 = (1 - \alpha)q - \epsilon - K_1 \frac{H_0 + \alpha q t}{\alpha q t} \quad (16)$$

Иншоотдан фойдаланиш оралиғи (4) дан аниқланади. Дренаж ёрдамида тутиб қолинадиган солиштирма сув сарфи  $q_{др}$  қуйидаги формуладан аниқланади:

$$q_{др(ф)} = k_1 \frac{z_1^2}{2\ell} = \frac{k_1 z_1^2}{2\beta t} = \frac{k_1 (\alpha q)^2 t}{2\beta} \quad (17)$$

ушбу миқдор дренажи 1 погон метри узунлигидаги сарфни ярми. Дренажи бутун узунлиги  $L$  даги фосфогипс қатламидаги умумий сарфи қуйидагини ташкил қилади:

$$Q_{др(ф)} = q_{др(ф)} \cdot L = \frac{k_1 z_1^2}{\beta t} \cdot L = \frac{k_1 (\alpha q)^2 t}{\beta} \cdot L \quad (18)$$

Лентасимон дренажни «п» йўли орқали фосфогипс қатлаидан йиғилаётган сарф алоҳида дрена узунлигидаги сарфларни йиғиндисини ташкил қилади:

$$\sum_{i=1}^n Q_{др(ф)i} = \sum_{i=1}^n 2q_{др(ф)i} L_i = \sum_{i=1}^n \frac{k_1 (\alpha q_i)^2 t}{\beta_i} \cdot L_i \quad (19)$$

Химоя қатлами мавжуд бўлганда, у ҳолда қалинлиги  $m$ , фильтрация коэффиценти  $K_0$ , ғоваклиги  $n_0$  бўлган химоя қатлами орқали йиғиладиган фильтрация оқими миқдорини аниқлаш керак бўлади. Дренажи 1 погон метр узунлигига тўғри келадиган солиштирма сарф миқдори қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$q_{др(з)} = \frac{k_0 m^2}{2\ell} = \frac{k_0 m}{2} \left\{ \frac{k_0}{2q_\phi} \left[ 1 - \exp\left(\frac{6q_\phi t}{n_0 m}\right) \right] \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad (20)$$

Химоя қатлаидан дренажи бутун узунлиги бўйича йиғилаётган умумий сарф қуйидагини ташкил қилади:

$$Q_{др(з)} = 2q_{др(з)} \cdot L = k_0 m \left\{ \frac{k_0}{2q_\phi} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{6q_\phi t}{n_0 m}\right) \right] \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad (21)$$

Лентасимон дренаж «п» йўли орқали химоя қатлаидан олиб кетиладиган сарф миқдори қуйидагича:

$$\sum_{i=1}^n Q_{др(з)i} L_i = \sum_{i=1}^n 2q_{др(з)} \cdot L_i \quad (22)$$

Фосфогипс ва химоя қатлаидан олиб кетиладиган умумий сарф миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q_{др} = Q_{др(ф)} + Q_{др(з)} \quad (23)$$

Солиштирма сарф миқдори

$$q_{др} = \frac{Q_{др}}{S_i} \quad (24)$$

Сув ташлаш қудуғидаги солиштирма сарф миқдори  $q_0$ ни шламхонани замини майдонига кўпайтириб сув ташлаш қудуғидан олиб кетилаётган умумий сарф  $Q_0$ ни аниқлаймиз. Дренаж ва қудуғ орқали ташланадиган сувларни йиғиндиси фосфор кислота ишлаб чиқаришдаги айланма сув таъминотида ишлатиладиган сувларни умумий миқдорини ташкил қилади.

$$Q_{об} = Q_{др} + Q_o \quad (25)$$

Юқоридаги барча боғланишлар  $z_1(t)$ ,  $h_0(t)$ ,  $q_\phi(t)$ ,  $q_o(t)$ ,  $q_{др}(t)$  –қуйқа солиштирма сарфи миқдори  $q$  фильтрация коэффиценти  $K_1$ дан катта бўлган ҳолат учун аниқланган, яъни  $q > K_1$  бунда фосфогипс ғоваклари тўлиқ сувга тўйинган ҳолатдаги фильтрация юз беради. При  $q < K_1$  бўлганда оқимни узлуксизлик ҳолати бузилади. Бу ҳолатда сув тиндиргич ҳовуз ҳосил бўлмайди. Фильтрация оқими сарфини аниқлаш учун (8), (9) ва (10) тенгламага  $h_0=0$ ,  $q_0=0$  қўйиб ва (11) ҳисобга олиб қуйидагига эга бўламиз:

$$q_\phi = (1 - \alpha) q - \varepsilon \quad (26)$$

Агарда дренажни сув ўтказиш қобилияти дренажга тушаётган сув сарфидан кичик бўлса, у ҳолда фосфогипс қатламини сув босиши ҳолати юз беради ва вақт ўтиши билан ҳовузча ҳосил бўлади. Лекин бундай режим фосфогипс ғовақларини тўлиқ сув тўйинган ҳолатидаги юз берадиган ва тинган сувни сув ташлаш қурилмаси орқали олиб кетиладиган ҳолатга нисбатан яхши эмас.

Шламхонани дамба билан ўралган сифими тўлганда, қуйқани узатиш тўхтатилади ва тиндиргич ҳовуздаги  $H_0$  чуқурликдаги сувни пасайиши юз беради. Сўнгра эркин намлик чегараси дренаж тизимигача пасаяди. Пасайиш даврида фильтрация оқимини қуйидаги параметрлари аниқланади: ушбу ҳолатни давом этиш вақти, фильтрация орқали йўқотилидиган сув сарфи миқдори, дренаж тизими сарфи, фосфогипс қатламини сувсизланиш муддати.

Пасайиш ва қуриштиш параметрларини аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар системасига эга бўламиз:

$$q = \frac{dh_0}{dt} + q_\phi + \varepsilon, \quad \varepsilon = \varepsilon_u - \varepsilon_0 \quad (27)$$

$$q_\phi = K_1 \cdot \frac{h_0 + z_0}{z_0} \quad (28)$$

(27) ва (28) тенгламаларни ечимидан ҳовуздаги сувни пасайиш вақтини аниқлаймиз:

$$t_{cp} = \frac{z_0}{K_1} \ln \left( 1 + \frac{H_0}{A} \right), \quad A = z_0 \frac{K_1 + \varepsilon}{\varepsilon} \quad (29)$$

Дренани 1 п.м. даги сув сарфини қуйидаги тенгламадан аниқлаймиз:

$$2q_{др(\phi)} = z_0 \sqrt{2K_1 q_\phi \left[ 1 - \exp \left( - \frac{6q_\phi t}{\mu_\phi z_0} \right) \right]} \quad (30)$$

Дренани бутун узунлигидаги сув сарфини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$Q_{др(\phi)} = 2q_{др(\phi)} \cdot L \quad (31)$$

Фосфогипс қатламинан дренажни «n» йўли орқали тушаётган умумий сарфни қуйидагича аниқлаймиз:

$$Q_{др(\phi)} = 2q_{др(\phi)} \cdot L \cdot n \quad (32)$$

Химоя қатламинан дренажни «n» йўли орқали тушаётган умумий сарфни худди юқоридагига ўхшаб аниқлаймиз.

Дренаж лентасига фосфогипс ва химоя қатлаидан бутун сувсизлантириш даври  $t_{об}$  да тушаётган дренаж сувларини умумий миқдори аниқ интеграл қўринишида аниқланади:

$$Q_{dp} = \int_0^{t_{об}} Q_{dp(\phi)}(t)dt + \int_0^{t_{об}} Q_{dp(z)}(t)dt \quad (33)$$

Фосфогипс қатламини куриштиш вақти ва дренадаги сув сарфи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$t_{oc} = \frac{V_{ce}}{n \cdot Q_{tp}} \quad (34)$$

Бунда  $Q_{tp}$ - дренаж лентасини сув олиб кетиш қобилияти, масалан қувурли.

Агарда лентасимон дрена банкети қўринишида бажарилган бўлса, у ҳолда  $Q_{др}$  сувни пасайиш ва куриштиш даврида қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q_{\lambda} = Fu(I + i), \quad I_{cp} = h_0 + \frac{z_0}{L}, \quad I_{об} = \frac{z_0}{L} \quad (35)$$

чиқиш жойидаги сув сарфи эса  $Q_{\epsilon} = K_1 L_1 m_0$  ( $L_1$ ,  $m_0$ - банкетни чиқиш жойи билан бирга узунлиги ва кенглиги).

Дренажга  $t_{cp}$  ва  $t_{об}$  давр оралиғида тушаётган сарф мос равишда қуйидагича бўлади:

$$Q_{cp(\phi)} = t_{cp} \cdot Q_{\lambda}, \quad Q_{об(\phi)} = t_{об} \cdot Q_{\lambda}, \quad Q_{B(\phi)} = t_{об} \cdot Q_B \quad (36)$$

У ҳолда:

$$t_{oc} = \frac{V_{CB} - t_{об} \cdot (Q_{\lambda} + Q_B)}{Q_{\lambda} + Q_B} \quad (37)$$

Фосфогипсни фильтрацияга қарши мустаҳкамлиги бўйича тадқиқот натижалари ва фосфогипсга дренаж қурилмалари тескари фильтри гранулометрик таркибини танлаш услуби келтирилган.

Фильтрация сувларини дренаж қурилмасига кириш жойида химоя қилинаётган фосфогипсда фильтрация деформацияларини юз беришига йўл қўймаслик учун дренаж қурилмаси ҳар хил ўлчамдаги йириклиги сув оқими бўйича ортиб боровчи бир ёки бир неча қаватдан иборат тескари фильтр билан химоя қилинади. Бунда фильтрацияга қарши мустаҳкамлик мезони қилиб, фильтрация оқимини дренажга кириш жойидаги босим градиентини ҳисобий миқдори уни йўл қўйилган миқдорига тенг ёки ундан кичиклиги қабул қилинган.

Фосфогипс ва фильтр туташган жойида ювилишга қарши мустаҳкамлиги қуйидаги шарт бажарилишига риоя қилинган ҳолда тадбиқ қилинди:

$$I_p \leq K \cdot I_{кр} \quad (38)$$

Бунда:  $I_p$ ,  $I_{кр}$ —ҳисобий ва критик босим градиенти;

$K$ —захира коэффициенти.

Шламхона иншоотлари элементларида фильтрация масалаларини ечишда ҳисобий босим градиенти миқдори экспериментал (ЭГДА усули) ёки назарий усулда аниқланади. Босим градиентининг энг катта кутилаётган миқдори шламхона заминидаги экран усти дренажларида юз беради.

Кувурли дренажда фосфогипсдаги ҳисобий босим градиенти уни фильтр билан туташган қисмига яқин жойида  $I_p = 4$ , дренаж банкет яқинида эса  $I_p = 1,8 - 2,0$ . Фильтрни ўзида эса 1га тенг бўлади.

Фильтр материаллини ОАЖ ВНИИГ меърий ҳужжатлари асосида танланган фильтрация йўли диаметри, I группа фосфогипси учун  $D_0^I = 2,6 \text{ мм}$ , II группа учун  $D_0^{II} = 0,286 \text{ мм}$  тенг экан.

Тажриба йўли билан ҳар иккала группа фосфогипслари учун фильтрация йўли диаметрини йўл қўйилган миқдори  $D_{0 \text{ расч}} = 0,46 \text{ мм}$  аниқланди ва ушбу миқдорни ҳисобий деб қабул қилиш керак.

Фильтрация йўли диаметри 0,46 мм.гача бўлган фильтр материаллини тадқиқ қилиш натижалари фосфогипсни фильтрацияга қарши мустаҳкамлиги жуда юқорилигини кўрсатди. I группа фосфогипси босим градиентини критик миқдори туташган жойда ўпирилиш учун  $I_{к.р}^{к.в} = 22$  ва ундан кўпроқни, туташган жойда ювилиш учун  $I_{к.р}^{к.р} > I_{\text{макс}} = 1,8$  ни, II группа учун  $I_{к.р}^{к.в} > I_{\text{макс}} = 26$   $I_{к.р}^{к.р} > I_{\text{макс}} = 1,6$  ни ташкил қилади.

ВОДГЕО тавсиялари бўйича захира коэффециентини меъёрий миқдори, шламхона III ва IV синф иншоотлари учун  $K_3=2$ .

Тажриба маълумотларини ҳисобга олиб (38) шарт катта захира билан бажарилганини кўриш мумкин. Туташган жойда фосфогипсни бузилишдан ҳимоя қилувчи барча шартларига амал қилиб, экспериментал йўл билан фильтр гранулометриқ таркибини йўл қўйилган оралиғи аниқланди.

Олиб борилган тадқиқот натижаларига асосан қуйидагиларни тавсия қиламиз: фосфогипсни фильтрация оқими томонидан бузилишдан ҳимоя қилувчи фильтр гранулометриқ таркибини йўл қўйилган оралиқ миқдоридан чиқмасдан танлаш. Ушбу оралиқ чегараси боғланмаган грунт гранулометриқ таркибига кўра аниқланади: юқори чегараси-бархан қумлари ва қуйи чегараси 0,4-1,0 мм ли зарра аралаш кум-гравий-галечник.

Диссертациянинг «**фосфогипс шламхонаси умумий турғунлиги масалалари**» номли бешинчи бобида фосфогипс шламхонаси умумий турғунлиги кўриб чиқилган.

Қиялик турғунлигини баҳолаш натижаларига асосланиб шламхона дамбалари рационал кесимини ишлаб чиқиш мақсадида дамбалар қиялигини турғунлиги ҳисобланди. Ҳисоблар дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуришни ўз ичига олган 9та схемасида бажарилди (6-8-расмлар).

Қиялик турғунлиги ҳисоблари «РУЗО»дастурида бажарилди. Ушбу дастур ҳисобий формулалар таркибига тўртта формула киритилган, улардан учтаси фильтрация кучларини таъсирини ҳар хил аниқликда ҳисобга олувчи Терцаги схемасига асосланган: АЖ ВНИИГ, А.Ничипорович ва И.Федоров-Забавин, усуллари ҳамда Р.Чугаевни оғирлик босими усулида. Бунда, қиялик миқдорини минимал захира коэффециентини аниқлаш Федоров-Забавин усулида бажарилди.

Ҳисоблашлар шламхона дамбаларини баландлиги бўйича кўтариб қуришни 3та асосий ва 6та комбинацияли схемасида бажарилди.



Ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатдики, дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуришни барча схемаларида қиялик турғунлигини захира коэффициентини асосий кучлар таъсиридаги миқдори, меъёридан анча юқори экан.

Турғунлик ҳисоблари бўйича энг тежамли вариант, бу турғунлик захира коэффициентини бир хил миқдорида энг кичик қиялик миқдорида эга бўлган кесими ҳисобланади

Қияликни минимал миқдорида уни турғунлигини таъминловчи энг тежамли кесимини аниқлаш ва вариантларни бир-бирига таққослаш учун қияликни турғунлигини таъминлайдиган чегаравий йўл қўйилган миқдори ҳисобланди (1 жадвалга қаранг).

Ушбу 1 жадвал натижаларидан кўриниб турибдики, қияликни энг кичик чегаравий миқдори дамбаларни баландлиги бўйича ташқи ёки марказий схема орқали кўтариб қурилатган III, V, VII вариантларига, энг катта миқдори эса ички томонга кўтариб қуриш схемасига тўғри келар экан.

Қиялик турғунлигини асосий ва сейсмик кучлар таъсиридаги турғунлик ҳисоблари бажарилди. Қиялик турғунлиги ҳисоблари дамбаларни баландлиги бўйича кўтариб қуришни етти та схемасида сейсмик кучлар интенсивлиги 7,8,9 балл бўлган ҳолат учун бажарилди.

## 1 -жадвал

### Дамба қиялигини йўл қўйилган чегаравий миқдори

Қияликни чегаравий йўл қўйилган миқдори	Кўтариб қуриш схемалари						
	I	II	III, V, VII	IV	VI	VIII	IX
$m^{\partial}$	1,34	1,10	1,05	1,15	1,22	1,15	1,10
$k_s^{\partial}$	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15

Ҳисоблашларда шламхона дамбаларини ташқи қиялик турғунлиги захира коэффициентини минимал миқдори  $k_s^{мин}$  аниқланди.

Ҳисоблашлар шуни кўрсатдики, барча қўрилган вариантларда қиялик турғунлиги захира коэффициентини сейсмик кучлар таъсиридаги минимал миқдори уни меъёрий миқдори 1,05 дан катта. Бу эса қиялик турғунлиги асосий ва сейсмик кучлар таъсирида таъминланганлигини кўрсатади. Турғунлик захира коэффициентини йўл қўйилган миқдорида қиялик миқдорини чегаравий йўл қўйилган миқдори аниқланди. Ҳисоблаш натижалари 2 жадвалда келтирилган.

Шундай қилиб, шламхонани баландлиги бўйича кўтариб қуришни барча схемаларида дамбалар қиялиги турғунлиги асосий ва сейсмик кучлар таъсирида таъминланган.

Шламхона дамбаларини баландлиги бўйича кўтариб қуришни оптимал вариантини танлаш асосий техник-иқтисодий кўрсаткичлар:  $1\text{ м}^3$  фосфогипсни тўплаш таннарни ва шлахонадан фойдаланишни ҳисобий муддати орқали амалга оширилган.

## 2 -жадвал

### Қияликни йўл қўйилган чегаравий миқдори

Вариантлар	$k_{\text{э}}$	Қияликни йўл қўйилган чегаравий миқдори		
		7 балл	8 балл	9 балл
I	Барча вариантлар учун 1,05	1,90	2,30	2,90
II		1,40	1,55	1,75
III, V, VII		1,30	1,40	1,60
IV		1,36	1,56	1,95
VI		1,56	1,80	2,45
VIII		1,85	2,10	2,65
IX		1,35	1,50	1,75

Техник-иқтисодий таққослаш натижаларига кўра ишлаб чиқилган конструктив ечимлар ва баландлиги бўйича кўтариб қуриш схемалари асосланиши ва шламхона дамбаларини кўтариб қуришни оптимал конструктив ечими танланди. Ҳисоблаш натижалар шуни кўрсатдики, 7 балли зилзилагача бўлган районларда I, VI, VIII вариантлар оптимал кўрсаткичларга эга бўлади, юқори сейсмик районларда эса, III, V ва VII вариантлар энг оптимал ҳисобланади.

Диссертацияни «**Фосфогипсдан дамбалар барпо этиш технологияси масалалари**» номли олтинчи бобида фосфогипснинг дамба материали сифатида тайёрлашни таклиф этилаётган усули кўриб чиқилган. Унга кўра фосфогипс қуйқаси оқимини дамба материали учун етарли қисми заводда фильтрация станцияси орқали ўтказилади ва у 35-60% намликда бўлади. Дамба танасига ётқизиш учун фосфогипснинг 17-25% гача бўлган оптимал намликкача қуришти керак.

Энг кичик квадратлар (МНК) усулида тажриба маълумотлари асосида 1м қалинликдаги фосфогипс қатламини суткада оптимал намлик 25% гача қуришти вақтини аниқловчи формулага эга бўлди.

$$T = -13,6 + 0,63 W_0 + 0,01 W_0^2 + 0,00013 W_0^3, \quad (39)$$

бунда:  $W_0$  -фильтрация станциясидан чиқаётган фосфогипс қуйқаси намлигига тенг бўлган, уюмдаги фосфогипснинг бошланғич намлиги, %.

Фосфогипсдан дамбалар қуриш учун уни қатламлаб тўкиш ва зичлаш технологияси, Самарқанд кимё заводи шламхонасида нордон фосфогипсдан қурилган йирик масшабни дала экспериментларини ўтказишда ишлаб чиқилди.

Шламхона кўтарма дамбаларини фосфогипсдан механик зичлаш усули билан қуриш, қуришти картасида тайёрланган фосфогипс қатламини текислаш ва уни молалар ёрдамида зичлаш каби ишларни ўз ичига олади. Фосфогипснинг суъний усулда зичлаш ўровчи дамбаларни сув ўтказмаслигини ва чўкишини камайтиришни, турғунлигини ошишини таъминлаши керак.

Кўп факторли экспериментни математик режалаштириш усулида ўзгарувчан намликдаги ва қалинликдаги фосфогипс қатлами моделида, зичловчи механизм сифатида Белаз-540 автосамосвалидан фойдаланиб олиб борилган тадқиқотлар, фосфогипснинг тўкиш ва зичлашни, мола типи ва массасини ҳисобий параметрлари, ҳамда ишлаш шароитини белгилаб берди.

Шу нарса аниқландики, енгил молалардан фойдаланиш зичланаётган қатлам баландлигини 20-25см.гача чеклайди ва фосфогипс оптимал намлигини ўзгариш оралиғини қисқартиради. Енгил молалардан оптимал намлиги уни юқори чегарасига яқинроқ бўлган фосфогипсларни зичлашда фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Фосфогипсни ҳисобий зичлигига мола бир жойдан 6 марта ўтганда эришилади.

Фосфогипсдан дамбалар қуришда энг самаралиси бу оғирлиги 18-30т бўлган молалардан фойдаланиш ҳисобланади. Бунда зичланаётган қатлам баландлиги 30-40 см.ни ташкил қилади, оптимал намлик эса 18,5-26% оралиғида ўзгаради. Тадқиқот натижаларида дамбаларни фосфогипсдан қуриш учун тавсия этилаётган молалар типини танлаш бўйича тавсиялар берилди.

### ХУЛОСА

«Фосфогипс шламхонаси конструкциясини, ҳисобий асослаш усулини ва барпо этиш технологиясини такомиллаштириш» мавзусида техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси бўйича ўтказилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Фосфор кислота экстрактини ишлаб чиқариш чиқиндиларини ташишни ҳозирги пайтда мавжуд ва фойдаланилаётган усуллари ичида энг кўп фойдаланилаётгани гидравлик усулда ташиш усули ҳисобланади. Ушбу усул фосфогипсни самарали тўплаш имконини беради.

2. Адабиёт манбаларини, лойиҳа материалларини тўлиқ таҳлил қилинди ва фосфогипсни физик-механик ҳамда динамик хоссалари комплекс ўрганилди. Ушбу тадқиқотлар минерал ўғит ишлаб чиқариш чиқиндиси бўлган фосфогипсдан шламхона дамбаларини материали сифатида фойдаланиш имконини беради.

3. Фосфогипсни ўровчи дамбалар материали сифатида ўрганиш учун ўтказилган комплекс тадқиқотлар қуйидагиларни белгилаш имкониятини беради:

- гидроуюмда фосфогипс ўртача сиқилувчанликка эга бўлиб, уни чўкиш модули  $\ell_{\sigma}=5,5-1,42$  мм/м ва умумий деформация модули  $\sigma=0,5$  МПа да -  $E=6,4-11$  МПа оралиқда ўзгаради (II категория);

- тўғон танасида максимал зичликда ва оптимал намликда  $W_{\text{опт}}$  ётқизилган фосфогипс унча катта бўлмаган чўкиш модели  $\ell_{\sigma}=4,7-5,5$  мм/м ва умумий деформация моделига  $E=15-21$  МПа эга, бу эса уни кам сиқилувчанлигини кўрсатади (I категория).

- фосфогипс гидроуюмида  $\rho_d=850-1250$  кг/м<sup>3</sup> бўлганда  $\varphi=26^{\circ}$ ,  $C=0,01$  МПа ва  $\rho_d>1250$  кг/м<sup>3</sup> бўлганда -  $\varphi=26^{\circ}$ ,  $C=0,02$  МПа. Дамбалар учун нейтралзацияланган ёки дастлабки фосфогипсни 1300-1360 кг/м<sup>3</sup> зичликда оптимал намликдаги  $W_{\text{опт}}$  муштаҳкамлик хоссаларини  $\varphi=35^{\circ}$ ,  $C=0,04$  МПа деб қабул қилинади.

4. Тебранма қурилмада фосфогипсни динамик хоссаларини экспериментал тадқиқ қилиш натижасида шу нарса аниқландики, фосфогипсдан оптимал намликда ва 1,25-1,30 г/см<sup>3</sup> зичликда, қиялик миқдори 3дан кам бўлмаган қилиб қурилган ўровчи дамбалар 7-9 балли зилзилада

керакли сейсмик мустаҳкамликка эга бўлади. Бу эса сейсмик районларда фосфогипсдан дамбалар қуриш иконини беради.

5. Фосфогипсни сувсизлантириш учун энг яхши конструкция бу ,энг яхши сув ўтказувчан фильтрловчи материалдан тасмасимон қўринишда бажарилган экран усти дренажли грунт плёнкали экран ҳисобланади. Ушбу конструкция фосфогипсни ўз вақтида сувсизлантириш имконини беради.

6. Шламхона дренаж-фильтрацияга қарши қурилмасини янги конструкцияси ишлаб чиқилди. Ушбу конструкция шламхонадан фильтрация натижасида сизиб чиқаётган саноат оқоваларини самарали тутиб қолиш имкониятини яратади. Ушбу қурилмадан фойдаланиш шламхона учун ажратиладиган ер майдонини камайтиради ва унга сарфланадиган капитал маблағлар миқдорини ва қурилиш муддатини қисқартириш имконини беради.

7. Сув ташлаш қурилмасини янги конструкцияси ишлаб чиқилди (IAP 04512, IAP 04513, IAP 05481). Ушбу қурилма сув қабул қилгич ва сув чиқарувчи қувурни ифлосланишидан ҳимоя қилади, ҳамда сув ўтувчи ораликни шандорлар ёрдамида тўсишдаги қўлда бажариладиган ишларни бажаришдан ва қувурни шламдан тозалаш ишларидан озод қилади, бу эса битта шламхонада ундан фойдаланиш сарф харажатларини 2-3 мартага камайтириш имконини беради.

8. Шламхонадаги фильтрацияга қарши ва дренаж қурилмаларини ҳар хил конструкцияларида фосфогипсни мувозанат ва сувсизлантиришга ҳисоблаш усули ва дренаж қурилмаларини фосфогипсдан ҳимоя қилувчи фильтри донадорлик таркибини танлаш услуги ишлаб чиқилди. Ушбу усул фильтрация оқими параметрларини, дренаж қурилма ўлчамларини аниқлаш, фильтрацияга қарши ва дренаж қурилма самарадорлигини баҳолаш имконини беради.

9. Шламхона дамбаларини баландлиги бўйича кўтариб қуришни қабул қилинган схемаси учун дамба ташқи қиялиги миқдори, асосий ва сейсмик сейсмик кучлар таъсирида турғунлигини таъминлаш шарти билан қабул қилинади. Бунда ташқи қияликни ҳисобий миқдори уни 1 ва 2 жадвалларда келтирилган чегаравий йўл қўйилган миқдоридан катта бўлиши керак. Қияликни ушбу миқдори уни турғунлигини таъминлаш имконини беради.

10. Дала шароитида фосфогипс қуйқасини ҳар хил бошланғич намликда қуриштириш режими тадқиқ қилинди ва қуриштириш вақтини аниқлаш формуласи тавсия қилинди. Ушбу формула 1м қалинликдаги фосфогипс қатламини суткада 25% оптимал намлик гача қуриштириш вақтини аниқлаш имконини беради.

11. Дала шароитида фосфогипсни зичлаш параметрлари ўрганилди. Фосфогипсни тўкиш ва зичлашни, мола типи ва массасини ҳисобий параметрлари аниқланди. Ушбу тадқиқотлар фосфогипсни зичлаш параметрларини ва зичловчи машиналарни турини танлаш имконини беради.

13. Тадқиқот натижалари «Самаркандкимё» АЖ фосфогипс шламхонасини лойиҳалаш ва қуришда фойдаланилди. Ушбу натижаларни жорий қилиниши 11,796 млрд. сум иқтисодий самарага эришиш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ФАЙЗИЕВ ХОМИТХОН**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ, МЕТОДОВ  
РАСЧЕТНОГО ОБОСНОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ  
ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ ФОСФОГИПСА**

**05.09.06- Гидротехническое и мелиоративное строительство**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2018**

**Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2018.2.DSc/T.**

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно строительном институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице [www.tiame.uz](http://www.tiame.uz) Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Научный консультант:** **Маджидов Иномжон Урушевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Гловацкий Олег Яковлевич**  
доктор технических наук, профессор

**Салямова Клара Джаббаровна**  
доктор технических наук

**Боходиров Азизбек Абдулазизович**  
Доктор технических наук, доцент

**Ведущая организация:** **Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. \_\_\_\_\_ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.T.10.02 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства по адресу: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниёзий, 39, тел. (+99871)-237-22-67, 237-22-09, факс: 237-54-79, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz).

С докторской диссертацией (DSc) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер \_\_\_\_\_). Адрес 100000, г.Ташкент, Кары Ниёзий, 39, тел. (+99871)-237-22-67.

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.)

**Т.З.Султанов**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н.

**А.А.Янгиев**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней, д.т.н.

**М.М.Бакиев**  
Председатель научного семинара при научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**ВВЕДЕНИЕ**  
**(аннотация докторской диссертации)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Одним из важнейших вопросов в мире является проблема складирования отходов в шламонакопителях для существующих многочисленных химических предприятий, выпускающих фосфорные минеральные удобрения, совершенствование конструкции гидротехнических сооружений этих шламонакопителей, разработка новых схем наращивания ограждающих дамб по высоте. В этой связи особое значение имеет повышение эксплуатационной надёжности шламонакопителей, совершенствование методов расчета прочности и устойчивости их дамб. В Азии, Европе, Африке, Латинской Америке, США и в других развитых государствах особое внимание уделяется разработке эффективных методов проектирования дамб шламонакопителей, повышению эффективности сооружений шламонакопителей, а также обеспечению их эксплуатационной надёжности.

В мире особое внимание уделяется целенаправленным научным-исследованиям по фосфогипсу, используемым в качестве материала для строительства дамб обвалования, разработке прочных и устойчивых схем наращивания дамб из фосфогипса по высоте. В этой связи, одной из основных задач является совершенствование конструкции шламонакопителей, разработка новых конструкций противофильтрационных устройств и водосбросных сооружений, разработка методов расчета фильтрации, прочности и устойчивости дамб и технология возведения дамб из фосфогипса.

В настоящее время в республике ведутся обширные исследования, направленные на уменьшение вредного воздействия шламонакопителей на окружающую среду, увеличение их срока службы и разработка критериев безопасности. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 гг. поставлены задачи, в том числе «...сокращение энергоемкости и ресурсоемкости, развитие мелиоративных и ирригационных объектов для повышения конкурентоспособности национальной экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий»<sup>1</sup>. В решении данных задач важное значение имеет проведение научно-исследовательских работ, направленных на расчетное обоснование эффективных конструктивных решений по наращиванию ограждающих дамб по высоте и разработка технологии возведения дамб из фосфогипса.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан и Постановлении ПП-3286 от 25 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», Постановления кабинета министров от

<sup>1</sup>Постановлении Президента Республики Узбекистан ПФ -4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

23 августа 2016 года «Об утверждении программы мониторинга окружающей природной среды в Республике Узбекистан на 2016-2020 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики V «Сельское хозяйство, биотехнология и экология окружающей среды», а также VIII «Наука о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

#### **Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.**

Комплексные научные исследования, направленные на складирование фосфогипса, отхода производства фосфорных минеральных удобрений, использование его в качестве материала ограждающих дамб и совершенствование методов расчета устойчивости и прочности дамб ведутся в научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе,

“Konne-Ract (Бельгия), “Kemira Oil”(Финляндия), “Shell International Research matsehappy”(Англия), “Mitsubishi Rayon”(Япония), Кунминский университет науки и технологии, Пекинский университет науки и технологии, Пекинский институт металлургии и горнодобывающей промышленности (Китай), Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники, Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии, центр геомеханики при Санкт-Петербургском горном институте, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Московский государственный университет природообустройства, Московский государственный строительный Университет (Российская федерация), Ташкентский химико технологический институт, Ташкентский архитектурно-строительный институт.

В результате проведенных исследований в мире по использованию фосфогипса в промышленных целях, удаление и складирование их в шламонакопителях был получен ряд научных результатов, в том числе: разработана технология использования фосфогипса в цементной промышленности при производстве гипсовых вяжущих и изделий из них, а также при производстве серной кислоты (Кунминский университет науки и технологии, Пекинский институт металлургии и горнодобывающей промышленности, Китай); определены физико-механические и динамические свойства фосфогипса с целью использования их в качестве материала дамб; совершенствованы расчеты консолидации и осадки дамб (Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии, Российская федерация); определены химико-минералогический состав, физико-механические свойства фосфогипса и причины изменения во времени их прочностных показателей,

<sup>2</sup>Обзор по теме диссертации выполнен на основе зарубежных <https://www.oxy.com/>; <https://www.kemira.com/>; <https://www.companiess.com/chinahosphogypsumproduct.html>; <http://ec.europa.eu/>; <http://digital.csic.es>; <https://www.patentgatus.com>; [www.mitsubishichem-d.co](http://www.mitsubishichem-d.co); [www.vniig.rushydro.ru](http://www.vniig.rushydro.ru); [www.watergeo.ru](http://www.watergeo.ru); [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru); [www.spbstu.ru](http://www.spbstu.ru); [www.niuif.ru](http://www.niuif.ru); [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru) и других источников.



разработаны технологические правила возведения дамб из фосфогипса в высоко влажных климатических условиях (центр геомеханики при Санкт-Петербургском горном институте, Российская федерация).

В мире по совершенствованию конструкции, методов расчета, а также по технологии возведения сооружениям шламонакопителей складирующие фосфогипса, по ряду приоритетных направлений, проводятся научные исследования, в том числе: определение фильтрационной прочности фосфогипса и разработка методики подбора обратных фильтров дренажных устройств защищающих фосфогипс; разработка новых конструкций противофильтрационных экранов из прочных и долговечных современных материалов, защищающих окружающую среду от загрязнения; совершенствование водосбросных и дренажных устройств шламонакопителей; разработка оптимальных и экономически дешевых прочных конструктивных решений по наращиванию шламонакопителей по высоте из фосфогипса; разработка критерии безопасности шламонакопителей фосфогипса и консервация и рекультивация их после заполнения.

**Степень изученности проблемы.** Теоретические и практические исследования, посвященные физико-механическим и динамическим свойствам фосфогипса получили свое отражение в научных работах ученых, как в нашей Республике, так и за рубежом среди которых: К.М.Блохин, М.Бондаренко, И.Вякова, С.М.Горюнов, В.М.Микунис, Р.Р.Шарипов, Т.Г.Сагдиев, Х.З.Расулов, С.Сайфиддинов, Ю.Н.Частоедов, Э.Ш.Тынчерова, Н.А.Кутепова, Ю.И.Кутепов, Е.С.Кудашев, М.С.Ивочкина и др.

Вопросами исследования фильтрационных процессов, устойчивости откосов ограждающих дамб, изучения и создания новых конструкций противофильтрационных экранов шламонакопителей, способов возведения и наращивания ограждающих дамб по высоте, а также разработка критериев надежности и безопасности шламонакопителей подробно раскрыты и достигнуты положительные результаты в работах В.П. Недрига, В.М. Павилонского, Н.Н.Розанова, В.Г.Мельника, К.Н.Анахаева, Л.Н.Рассказова, Н.А. Анискина, Г.И. Покровского, А.И.Тейтельбаума, В.С. Истоминой, В.В.Буренковой, М.В. Дидовича, М.Н.Захарова, И.В. Федорова, В.С.Забавина, В. Н. Бухарцева, В.Н.Жиленкова, В.Г.Пантелеева, Д.В. Стефанишина, О.М. Финагенова, С.Г. Шульмана, С.В.Сольского, М.П.Павчича, В.Кондратьева, А.С.Цейтлина, Ю.Б.Алейникова, Т.Г.Сагдиева, С.М.Горюнова, В.М. Микуниса, Р.Р. Шарипова, М.Р.Бакиева, М.М. Мирсаидова, К.С.Султанова, Э.Ж.Махмудова, И.У. Маджидова, К.Д. Салямовой, Т.З.Султонова, А.А. Янгиева и др.

На сегодняшний день, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении, вопросы использования фосфогипса в качестве материала ограждающих дамб шламонакопителей в условиях Центральной Азии, вопросы фильтрационной устойчивости фосфогипса (механическая и химическая суффозия), деформируемости и прочности дамб под воздействием больших нагрузок, обеспечение общей устойчивости дамб при действии основных и сейсмических сил при различных схемах наращивания их по

высоте и технологии возведения дамб из фосфогипса остаются недостаточно изученными.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского архитектурно-строительного института 13-2001 «Обосновывающие материалы и исходные данные для проектирования шламонакопителя фосфогипсов Алмалыкского ПО Аммофос», П-8.26 «Разработка ресурсосберегающих технологий складирования отходов фосфоросодержащих минеральных удобрений» и А.-5.011 «Разработка методики оценки технического состояния и рекомендации по безопасной эксплуатации и консервации накопителей отходов фосфоросодержащих минеральных удобрений».

**Целью исследования** является совершенствование конструкции и методов расчетного обоснования и технология возведения шламонакопителей с ограждающими дамбами из фосфогипса.

**Задачи исследования:** Для достижения поставленной цели предусматривается выполнить следующие основные задачи:

комплексно и всесторонне исследовать физико-механические и динамические свойства фосфогипса с целью определения возможности их использования как материала дамб обвалования шламонакопителей;

обосновать способы складирования и совершенствовать схемы наращивания шламонакопителей по высоте;

исследовать фильтрационные процессы в шламонакопителях и разработать методику расчета фильтрации и обезвоживания фосфогипса при различных конструкциях противофильтрационных и дренажных устройств;

исследовать фильтрационную прочность фосфогипса и разработать методику по подбору гранулометрического состава фильтров дренажных устройств;

расчетами устойчивости дамб шламонакопителей обосновать разработанные конструкции и схемы наращивания их по высоте;

исследовать в натурных условиях уплотняемость фосфогипса и разработать рекомендации по технологии возведения дамб обвалования из фосфогипса и устройства противофильтрационных экранов в шламонакопителях;

разработать рекомендации по проектированию и строительству шламонакопителей с наращиванием ограждающих дамб по высоте из фосфогипса.

**Объектом исследования являются** шламонакопители фосфоросодержащих минеральных удобрений химических предприятий г. Самарканда, Алмалыка и Каканда.

**Предметом исследования** является фосфогипс и их физико-механические и динамические свойства, ограждающие и разделительные дамбы шламонакопителей, фильтрационные и прочностные расчеты

шламонакопителей, устойчивость дамб при воздействии сейсмических сил, технология возведения дамб из фосфогипса.

**Методы исследований.** В процессе исследований были использованы методы математического планирования экспериментов, математическое моделирование, статистическая обработка результатов лабораторных и полевых исследований и использованы компьютерные программы расчетов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

обоснована возможность использования фосфогипса в качестве материала для строительства дамб обвалования шламонакопителей с учетом физико-механических и динамических свойств фосфогипса;

разработан метод расчета фильтрации и обезвоживания фосфогипса при различных конструкциях противofiltrационных и дренажных устройств;

усовершенствована методика по подбору гранулометрического состава фильтров дренажных устройств к фосфогипсам с учетом специфических особенностей фосфогипса ;

обоснованы способы складирования и усовершенствована конструкции наращивания шламонакопителей по высоте, обеспечивающая эффективность и их эксплуатационную надежность;

разработаны новые конструкции водосбросных и дренажно-фильтрационных устройств с учетом обеспечения фильтрационной прочности и устойчивости дамб в пределах нормативных величин;

исследованиями в натурных условиях определены параметры уплотнения фосфогипса в дамбах шламонакопителей с учетом технологических требований и природно климатических особенностей района строительства.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

- разработаны новые конструкции водосбросных устройств (IAP 04512, IAP 04513, IAP 05481) и дренажно-противofiltrационного устройства шламонакопителя;

разработана методика расчета баланса и обезвоживания для накопителя с непроницаемым экраном (из полимерной пленки, асфальтополимербетона и др.), над экранной дренажной системой и первичной дамбой с откосами, защищенными противofiltrационным экраном из пленки;

разработана методика по подбору гранулометрического состава фильтров дренажных устройств к фосфогипсам;

расчетами устойчивости откосов обоснованы предлагаемые схемы наращивания по высоте и получены предельно допустимые значения заложения внешних откосов, осуществлен выбор оптимальных конструктивных схем наращивания шламонакопителей;

разработаны рекомендации по технологии возведения дамб обвалования из фосфогипса и устройств противofiltrационных экранов в шламонакопителях.

**Достоверность полученных результатов.** Достоверность результатов исследований обоснована сопоставлением результатов эксперимента с расчетными и теоретическими данными, использованием общих законов теоретической механики, физики и гидромеханики и апробированных

математических способов разработки основных теоретических соотношений, а также сравнением с результатами других исследователей.

### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании возможности использования фосфогипса в качестве материала ограждающих дамб, совершенствование и разработка новых конструктивных решений по складированию фосфогипса, усовершенствованием методики расчета.

Практическая значимость работы заключается в достижении экономической эффективности за счет использования предложенной схемы наращивания ограждающих дамб из фосфогипса и повышения надежности и долговечности шламонакопителя, за счет использования новых разработанных конструкций дренажных и водосбросных устройств.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов по совершенствовании конструкции, методов расчетного обоснования и технологии возведения шламонакопителя:

На конструкции водосбросных устройств шламонакопителя получен патент на изобретение («Устройство для отвода воды с карт намыва» №ІАР-04513-2012 г.). В результате внедрения создана возможность исключения заиливания водоприемника и водовыпускного трубопровода, а также исключение ручной работы по перекрытию водосливных отверстий шандорами и освобождение от работ по очистке водовыпускного трубопровода от шлама, что обеспечивает снижение эксплуатационных затрат в 2-3 раза на одном шламонакопителе.

На конструкции водосбросных устройств шламонакопителя получен патент на изобретение («Устройство для отвода воды с карт намыва» №ІАР-05481-2017 г.). В результате внедрения создана возможность повысить надежность его работы, а за счет исключения работ по очистке устройства сбросного тракта снизить на одном шламонакопителе в 2-3 раза эксплуатационные затраты.

Усовершенствованная конструкция ограждающих дамб шламонакопителя внедрен в гидроотвале фосфогипса І, ІІ очередей на АО «Самаркандкимё» относящихся к АО «Узкимёсаноат» (справка АО «Узкимёсаноат» за номером 01/3-238/П от 17.01.2018 г.). В результате создана возможность сокращения объема дамб на 424 м<sup>3</sup>, за счет сохранения (без переработки) отложений фосфогипса, существующего сухого отвала в качестве разделительной дамбы между секциями 1 и 2 на участке длиной 400 м.

Усовершенствованная конструкция противофильтрационного экрана шламонакопителя внедрена в гидроотвале фосфогипса І, ІІ очередей на АО «Самаркандкимё», относящихся к АО «Узкимёсаноат» (справка АО «Узкимёсаноат» за номером 01/3-238/П от 17.01.2018 г.). В результате создана возможность сокращения противофильтрационного экрана площадью 58,1 м<sup>2</sup> под разделительными дамбами в пределах сохраняемой части.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований обсуждены и одобрены на 15 научных конференциях международного,

республиканского и институтского значения, в том числе 7 на международных и 8 на республиканских конференциях.

**Опубликованы результаты исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 46 научных работ. Из них 1 монография, 15 научных статей, в том числе 12 республиканских журналов, рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора наук (DSc) и 3 патента на изобретения (№ IAP04512, № IAP04513, № IAP05481).

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 193 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**В введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор и анализ литературных данных по проектированию и строительству шламонакопителей фосфогипса»** приведен краткий обзор и анализ литературных данных по проектированию и строительству шламонакопителей фосфогипса. Выполнен обзор и анализ существующих способов удаления и складирования фосфогипса. Выполнен обзор и обобщение данных по конструкциям шламонакопителей. Анализ выполненных работ по изучению физико-механических, динамических, фильтрационных свойств фосфогипса.

Удаление и складирование промышленных отходов осуществляется различными способами: автотранспортом, конвейерным транспортом в сочетании с канатными дорогами и с помощью гидравлической системы.

Наиболее перспективным в современных условиях направлением повышения эффективности удаления и складирования фосфогипса, как это следует из проведенных исследований, необходимо признать использование гидроудаление гидроскладированием отходов при наращивании накопителей по высоте путем строительства ограждающих дамб из складированных материалов. Преимуществами этого способа по отношению к существующим, являются его дешевизна, технологичность, удобства в эксплуатации и др. Так, например, при сравнении с вариантами сухого складирования и гидроудаления фосфогипсов по ряду запроектированных объектов капитальные вложения и эксплуатационные расходы во втором случае оказались примерно в 1,2-1,5 раза меньше, чем в первом.

Гидроудаление фосфогипсов успешно внедряется в ряде стран мира (США, Франция, Бельгия и др.). В СНГ гидроотвалы фосфогипса успешно

применяются на Череповецком, Волховском, Чоржоуском, Краснодарском химзаводах и Джамбульском суперфосфатном заводе. Этот способ удаления отходов производства применен в Республике на Самаркандском химзаводе

Во второй главе диссертации **«Исследование состава и свойств фосфогипса»** приведены результаты комплексного изучения химического состава, физико-механических и динамических свойств фосфогипса, для выявления возможностей использования фосфогипса в качестве строительного материала для возведения ограждающих конструкций накопителей.

Фосфогипсы являются вторичным продуктом (отходом) экстракции фосфорной кислоты (ЭФК) при производстве фосфатных удобрений. В зависимости от установленного режима ЭФК на предприятии фосфогипсы различаются на дигидратные ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и полугидратные ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). По степени нейтрализации и отмывки фосфогипсы подразделяют на кислые ( $\text{pH}=2\div 5$ ), нейтрализованные ( $\text{pH}=5\div 7$ ) и отмываемые от водорастворимой части  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Фосфогипсы представляют собой тонкодисперсный и практически мономинеральный материал серовато-белого цвета, имеющий при выходе из завода (съеме с фильтров) довольно высокую влажность ( $W=37-43\%$ ). Основным компонентом отходов является дигидрат сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), содержание которого колеблется в пределах 86-94% по массе. В состав отходов входят также в небольших количествах легкорастворимые соли (1,3-1,4%) и нерастворимые вещества (5-13%). Количество легкорастворимых солей не выходит за пределы норм (до 5%), установленных КМК 2.06.05-98 для грунтов, используемых в качестве материала дамб.

Приведены осредненные химические составы фосфогипса, получаемые из фосфоритного и апатитного сырья и их гранулометрический состав. Анализ показывает, что пластичность фосфогипса высока, ее значения близки к суглинистым и песчаным грунтам. Как показали, исследования апатитовые фосфогипсы пластическими свойствами не обладают. Их можно отнести к несвязным грунтам.

Физико-механические характеристики фосфогипсов получены для двух рабочих состояний по объемной массе скелета  $\rho_d$  и степени водонасыщения  $G$ . Диапазоны изменения этих параметров: в гидроотвале  $\rho_d=920-1260 \text{ кг/м}^3$  и  $G=1$ , в теле дамб  $\rho_d=1230-1400 \text{ кг/м}^3$  и  $G=0,5-0,95$ . Плотность минеральных частиц фосфогипса  $\rho_s=2300-2400 \text{ кг/м}^3$ , максимальная молекулярная влагоемкость  $W_{\text{м.м.в.}}=22-25\%$ , полная влагоемкость  $W_{\text{п.в.}}=50-58\%$ , коэффициент водоотдачи  $\mu=0,6-2\%$ .

**Коэффициент фильтрации.** Коэффициент фильтрации исследованных фосфогипсов составляет  $K_{\text{ф}}=8,4 \cdot 10^{-5} \text{ см/с}$  при  $\rho_d=1200 \text{ кг/м}^3$  и уменьшается до  $K_{\text{ф}}=2,1 \cdot 10^{-5} \text{ см/с}$  при  $\rho_d=1400 \text{ кг/м}^3$ .

Для исследования компрессионных свойств фосфогипса использовалась методика математической теории планирования экспериментов, позволяющая минимизировать количество экспериментов в исследованиях.

Первоначально на основе опытных исследований устанавливались уравнения регрессии компрессионных кривых в виде полиномов третьей степени для фиксирования уровней факторов  $z_i$ :

$$\bar{\varepsilon} = a_0 + a_1\sigma + a_2\sigma^2 + a_3\sigma^3 \quad (1)$$

где  $\bar{\varepsilon}$  -коэффициент пористости;  $a_i = a_0, a_1, a_2, a_3$  -коэффициенты полинома, зависящие от вида исследованного фосфогипса и рабочего его состояния.

Получено расчетное уравнение регрессии деформируемости фосфогипса в гидроотвале:

$$\ell ne = 0,7\ell n\sigma - 2,02 - 0,32z_1 - 0,43z_2 \quad (2)$$

Для случая работы фосфогипса в теле дамбы получено следующее расчетное уравнение регрессии:

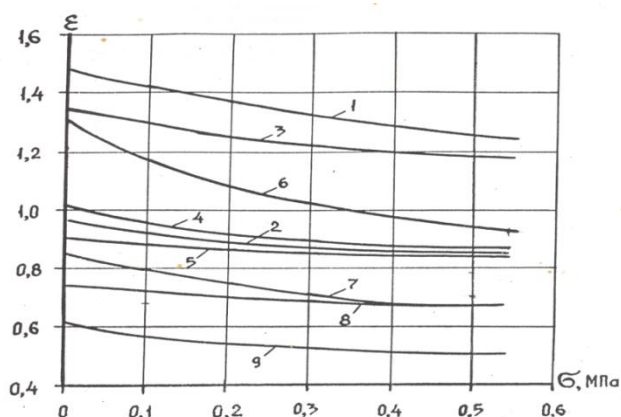
$$\ell ne = 0,82\ell n\sigma - 2,2 - 0,092z_1 - 0,401z_2 \quad (3)$$

где  $z_1 = \rho_d$  меняется в пределах 1230-1360 кг/м<sup>3</sup>,  $z_2 = P_2 O_5$  в тех же пределах 0-0,5 %.

На рис.1 приводятся зависимости коэффициента пористости  $\varepsilon$  от нагрузки  $\sigma$ . Коэффициент уплотнения находят из соотношения  $a = \Delta\varepsilon/\Delta\sigma$ , представляющего собой уменьшение коэффициента пористости на участке увеличения давления.

Результаты исследований по деформируемости фосфогипсов показали, что гидроотвале они обладают средней сжимаемостью с модулем осадки в пределах  $\ell_\sigma=5,5-1,42$  мм/м и модулей общей деформации при  $\sigma=0,5$  МПа -  $E=6,4-11$  МПа (II категории). В теле дамб фосфогипсы уложенные с максимальной плотностью при  $W_{\text{опт}}$  имеют невысокий модуль осадки 4,7-5,5 мм/м и  $E=15-21$  МПа, что характеризует их как слабосжимаемые (I категории).

Методом стандартного уплотнения определены оптимальные характеристики влажности  $W_{\text{опт}}$  и максимальной плотности сухого фосфогипса  $\rho_d$ , результаты которые представлены на рис. 2.



**Рис. 1. Зависимость коэффициента пористости  $\varepsilon$  от нагрузки  $\sigma$  дигидратных фосфогипсов:**

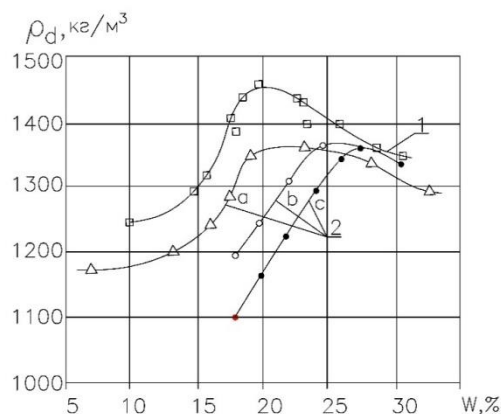
1-нейтрализованные фосфогипсы ( $\rho_d=920-1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ );  
 2-нейтрализованные фосфогипсы ( $\rho_d=1150-1180$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ ); 3-кислые фосфогипсы ( $\rho_d=960-1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ ); 4-кислые фосфогипсы ( $\rho_d=1130-1150$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ ); 5-кислые фосфогипсы ( $\rho_d=1200-1260$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ ); 6-отмытые фосфогипсы ( $\rho_d=1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ ); 7-отмытые фосфогипсы ( $\rho_d=1250$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=1$ ); 8-кислые и нейтрализованные фосфогипсы ( $\rho_d=1310$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=0,5-0,95$ ); 9-отмытые фосфогипсы ( $\rho_d=1380-1430$  кг/м<sup>3</sup>;  $G=0,5-0,95$ ).



Анализ этих результатов показывает, что максимальная плотность сухого грунта  $\rho_d$ , равная для исследованного фосфогипса 1350-1450 кг/м<sup>3</sup>, достигается при влажности 20-28 %. Этот диапазон влажностей следует рассматривать как оптимальную влажность  $W_{\text{опт}}$ . Дальнейшее увеличение влажности свыше 28 % сопровождается понижением плотности  $\rho_d$ .

Задача сопротивления сдвигу ставилась отдельно для двух типов дигидратных фосфогипсов по верхней и нижней границе фактора – содержания  $P_2O_5$  в.р.: а) кислый и нейтрализованный ( $P_2O_5$  в.р. до 0,5%),

б) отмытый от  $P_2O_5$  (0%). Фосфогипс исследовался для двух рабочих состояний: водонасыщенном  $G = 1$  и во влажном состоянии при  $G = 0,25-0,86$ .



**Рис.2. Уплотняемость фосфогипсов:**

1-Алмалыкские отмытые  $P_2O_5$  в.р. (затраченная работа  $A=1,06$  кДж);  
2-Самаркандские; а-исходные ( $A=1,06$  кДж) в и с-нейтрализованные с  $A=1,06$  кДж и  $A=0,55$  кДж.

Эксперимент ставился однофакторным с отысканием нелинейной зависимости для влажного фосфогипса от изменения плотности:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 \rho + \alpha_2 \rho^2 + \alpha_3 \rho^3 \quad (4)$$

где  $y$  - ( $\varphi$  или  $c$ ) угол внутреннего трения или удельное сцепление фосфогипса;  $\rho$  - ( $\rho_d$ ) объемная масса скелета.

В качестве примера приведены результаты исследований на сдвиг с  $\nu = 5$  и фиксированной  $\rho_d = 1400$  кг/м<sup>3</sup> для Алмалыкского фосфогипса отмытого от  $P_2O_5$  в.р. Вычисления приводят к окончательной зависимости доверительного уравнения регрессии:

$$\hat{\tau} = 0,056 + 0,866\sigma \quad (5)$$

откуда  $C=0,056$  МПа,  $\varphi=41^\circ$ .

На рис. 3. показаны опытные и расчетные зависимости  $\tau$  и  $\hat{\tau}$ .

Расчетные значения угла внутреннего трения  $\varphi_p$  и сцепления  $c_p$  приняты с учетом коэффициента безопасности по фосфогипсу по нижней границе доверительного интервала. Получены следующие уравнения регрессии:

Для кислых и нейтрализованных фосфогипсов

$$C_p = 1,943 \cdot 10^{-2} - 8,83 \cdot 10^{-5} \rho + 1,03 \cdot 10^{-7} \rho^2 - 1,15 \cdot 10^{-11} \rho^3 \quad (6)$$

$$\varphi_p = 275 - 5,81 \cdot 10^{-1} \rho + 4,24 \cdot 10^{-4} \rho^2 - 9,12 \cdot 10^{-8} \rho^3 .$$

Для фосфогипсов отмытых от  $P_2O_5$  в.р.

$$C_p = 0,625 - 1,26 \cdot 10^{-3} \rho + 0,782 \cdot 10^{-6} \rho^2 - 1,26 \cdot 10^{-10} \rho^3 \quad (7)$$

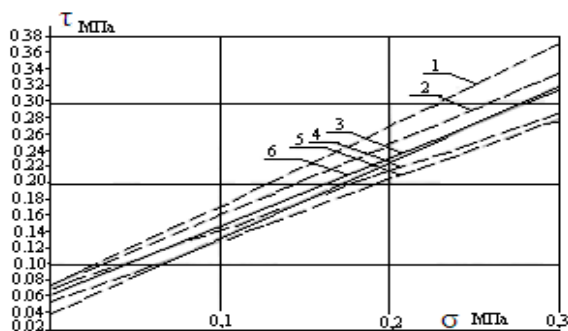
$$\varphi_p = 87,6 - 8,4 \cdot 10^{-2} \rho - 3,97 \cdot 10^{-6} \rho^2 + 2,79 \cdot 10^{-8} \rho^3$$



Расчетные кривые зависимостей (6 и 7) представлены на рис.4.

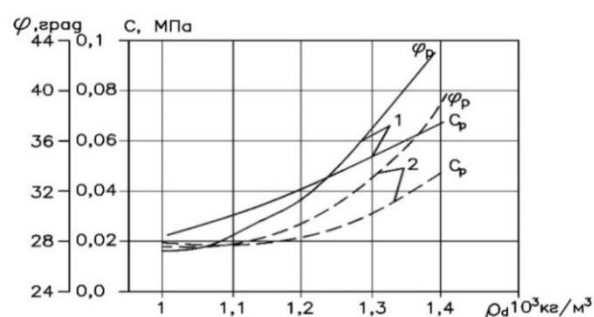
Прочностные характеристики  $\varphi_p$  и  $C_p$  для фосфогипсов: нейтрализованных, исходных и отмытых от  $P_2O_5$  в.р. сравнимы между собой при соответствующих  $\rho_d$  и  $W$ . Для гидроотвала фосфогипса при  $\rho_d=850-1250$  кг/м<sup>3</sup> они составляют  $\varphi=26^\circ$ ,  $C=0,01$  МПа и при  $\rho_d>1250$  кг/м<sup>3</sup> -  $\varphi=26^\circ$ ,  $C=0,02$  МПа. Для дамб с плотностью укладки нейтрализованного или исходного фосфогипса 1300-1360 кг/м<sup>3</sup> при  $W_{опт}$  следует принять  $\varphi=35^\circ$ ,  $C=0,04$  МПа. Повышение прочностных характеристик фосфогипса возможно осуществлять при более плотной укладке в тело дамб, обеспечиваемой за счет промывки его от  $P_2O_5$  в.р. Расчетные характеристики промытого фосфогипса при укладке его с  $\rho_d=1400-1450$  кг/м<sup>3</sup> и  $W_{опт}$  составляет значение  $\varphi=43^\circ$ ,  $C=0,06$  МПа.

Анализ прочностных характеристик фосфогипсов и обычных грунтов показывает, что по величине  $\varphi_w$  значения их превышает на 15-20<sup>0</sup>, а по  $C_w$  они сравнимы с глинистыми грунтами. Исследования по изучению динамических свойств фосфогипса проводились экспериментальными методами. В качестве критерия для оценки возможности динамического нарушения структуры водонасыщенного фосфогипса был использован метод критических ускорений. Экспериментальные исследования выброуплотняемости и вибровязкости водонасыщенного фосфогипса проводили в одометре размерами 20x20x40см, размещенные на вибростенде горизонтального действия. Параметры динамических воздействий изменялись в следующих пределах: амплитуды смещений 1-4мм; частоты колебаний-2-20гц; ускорения-50-500см/с<sup>2</sup>, длительность воздействий-5-60с и более.



**Рис.3. Опытные и расчетные зависимости  $\tau$  и  $\hat{\tau}$  для Алмалыкских фосфогипсов отмытых от  $P_2O_5$  в.р. при фиксированно  $\rho_{ск} = 1400$  кг/м<sup>3</sup>:**

а) опытные: 1-  $W=20\%$ ,  $C=0,07$  МПа,  $\varphi=44,6^\circ$ ; 2-  $W=25\%$ ,  $C=0,069$  МПа,  $\varphi=41,2^\circ$ ; 3-  $W=22\%$ ,  $C=0,038$  МПа,  $\varphi=43,2^\circ$ ; 4-  $W=15\%$ ,  $C=0,068$  МПа,  $\varphi=36,1^\circ$ ; 5-  $W=24\%$ ,  $C=0,053$  МПа,  $\varphi=37^\circ$ . б) расчетная 6- по уравнению регрессии  $\hat{\tau}=0,056+0,866\sigma$ .



**Рис.4. Расчетные характеристики  $\varphi_p$  и  $C_p$  дигидратных фосфогипсов: 1-кислые и нейтрализованные; 2-отмытые от  $P_2O_5$ .**

Анализ результатов исследований показывает, что с возрастанием интенсивности воздействий происходит постепенное увеличение плотности укладки фосфогипса.

Установлено, что частота колебаний по сравнению с амплитудой в большой мере влияет на процессы виброуплотнения. Заметное влияние на эти процессы оказывает длительность динамического воздействия.

Динамическая устойчивость фосфогипса увеличивается с возрастанием плотности сложения. С увеличением ускорений колебаний плотность сложения фосфогипса увеличивается, постепенно приближаясь к своему максимально возможному значению.

При меньших значениях амплитуда колебаний водонасыщенных фосфогипсов является менее динамически устойчивым.

Вибровязкость является одним из показателей, характеризующих свойства водонасыщенного фосфогипса при воздействии на него динамики и выражается коэффициентом вибровязкости  $\eta$ .

Изучены характеристики изменения коэффициента вибровязкости от начальной плотности и от влажности агрегатного состояния. Из графика видно, что вибровязкость увеличивается в диапазоне влажности от 13 до 22% и достигает самого максимума при оптимальной влажности, а затем с увеличением влажности снижается, что в конечном итоге ведет к уменьшению динамической устойчивости фосфогипса. Изучение влияния агрегатного состояния на вибровязкость показало, что просеянный фосфогипс имеет большую вибровязкость, чем непросеянный, т.к. имеет более лучшие структурные связи.

Изучен процесс разжижения фосфогипса на вибростенде при динамических воздействиях, параметры которых изменялись в указанных выше пределах.

Результаты исследования процесса разжижения фосфогипса показали, что при незначительных по величине динамических воздействиях происходит его полное разжижение. Так, например, для фосфогипса, уложенного  $\rho_d=1,23 \text{ г/см}^3$  полное разжижение происходит для слоя  $Z=16,5 \text{ см}$  при  $w=540 \text{ см/с}^2$ , а для слоя  $Z=28,5 \text{ см}$  при  $w=670 \text{ см/с}^2$ .

Результаты опытов с водонасыщенными ( $G=0,8-0,96$ ) фосфогипсами показали, что динамический напор  $h_z$ , в наших опытах соответствует 3-15 с после приложения динамической нагрузки. В целом данное явление зависит от интенсивности воздействия, плотности фосфогипса и внешней нагрузки.

Проведенные опыты показали, что отношение динамического напора к высоте слоя фосфогипса  $Z$  изменяется (при плотности укладки фосфогипса  $\rho_d=1,25 \text{ г/см}^3$ ) в зависимости от ускорения колебания следующим образом:

Интенсивность	7	8	9	10
I (балл)				
Ускорение	50-100	100-200	200-400	400-600
W ( $65 \text{ см/с}^2$ )				
Относительное избыточное давление $h_z/z$	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,9	0,9-1,0

В третьей главе диссертации «Совершенствования конструктивных решений гидроотвалов фосфогипса» приведены способы и схемы

наращивания шламонакопителей фосфогипса. Рассмотрены два способа гидроудаления и складирования фосфогипса:

I- известный способ когда удаляемый поток пульпы сбрасывается непосредственно в шламонакопитель на карты замыва с осаждением твердой фазы (Т) и осветлением жидкости (ж), используемой в оборотной системе.

II-способ складирования фосфогипса, включающий систему гидроудаления и гидроотвал с первичными дамбами обвалования из грунтовых или специальных материалов, противofильтрационными и дренажными устройствами, отличающийся от 1-го тем, что удаляемые отходы в виде пульпы часть направляется непосредственно в гидроотвал для складирования, а второй – на узел обезвоживания фосфогипса и далее на строительство дамб с предварительной подсушкой до оптимальной влажности (рис.5).

В практике гидроскладирования отходов применяются различные схемы наращивания накопителей по высоте, из которых основными принято считать: внутренняя (В)-I, центральная (Ц)-II и наружная (Н)-III (рис.6). В конкретных условиях могут применяться также комбинации этих схем, как, например: внутренне-центральная (ВЦ)-IV, центрально-внутренняя (ЦВ)-V, наружно-внутренняя (НВ)-VI, внутренне-наружная (ВН)-VII, центрально-наружная (ЦН)-VIII и наружно-центральная (НЦ)-IX, схемы которых даны на рис. 7-8. Во всех схемах приняты следующие обозначения: 1-первичная дамба обвалования; 2-вторичные дамбы; 3-нероницаемые экраны; 4-гидроотвал фосфогипса; 5-прудок; 6-кривая депрессии; 7-контурный дренаж; 8-основание накопителя.

Выбор той или иной схемы, а также высота наращивания гидроотвала осуществляется на основе анализа технико-экономические показатели и расчеты устойчивости внешнего откоса.

В шламонакопителях, фосфорсодержащих отходов, для защиты от загрязнения вредными веществами (фториды, фосфаты, сульфаты) подземных вод и поверхностных водных источников применяется комплекс противofильтрационных устройств, обеспечивающих надежную работу сооружений и полностью исключающих утечку сточной жидкости.

Широкое распространение на накопителях фосфогипса получили противofильтрационные устройства с площадным экранированием и различной схемой над экранной дренирования: с пластовым, систематическим банкетным (с междренним расстоянием 25-40 м) и комбинированным дренажом. Система дренажа предусматривает также устройство в гидроотвале контурного в виде развития банкета в вариантах наружного наращивания вторичных дамб или трубчатого дренажа в вариантах внутреннего наращивания вторичных дамб.

В качестве непроницаемых экрана для гидроотвалов, расположенных в сейсмоактивных регионах, рекомендуется применять в два - три слоя (по  $\delta=0,02$  мм) полиэтиленовую пленку.

Разработана новая конструкция дренажно-противofильтрационного устройства шламонакопителя (А.С.№172555), позволяющая эффективный перехват фильтрующих из шламоохранилища промышленных стоков.

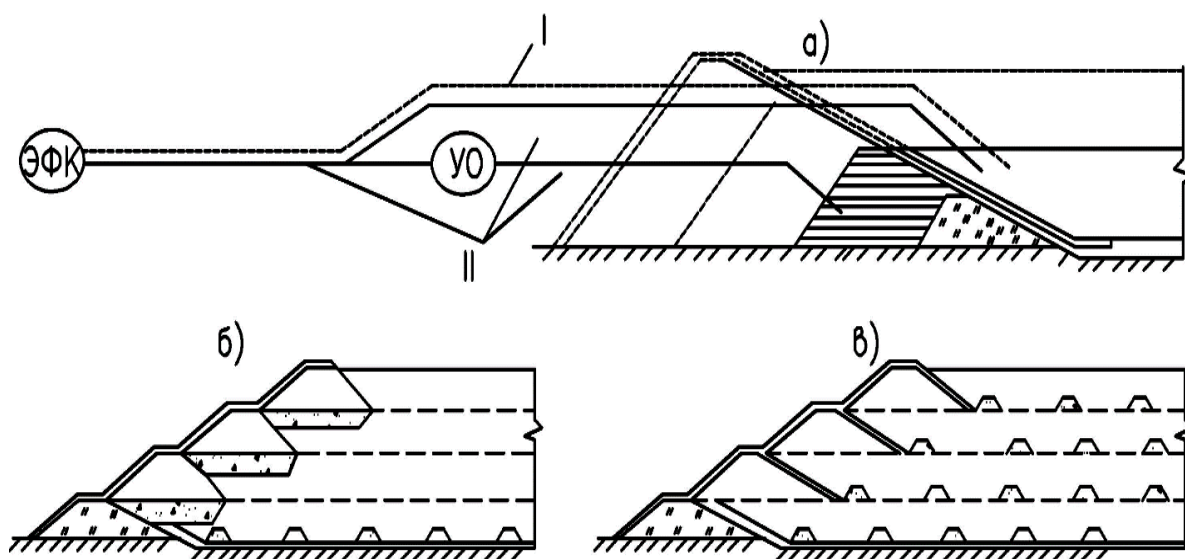
Применение этого устройства сокращает площади отводимых земель, снижают капитальные затраты и сроки строительства.

Разработаны новые конструкции водосбросных устройств (IAP 04512, IAP 04513, IAP 05481), которые исключают заиливание водоприемника и водовыпускного трубопровода, а также исключают ручные работы по перекрытию водосливных отверстий шандорами и освобождает от работ по очистке водовыпускного трубопровода от шлама, что обеспечивает снижение эксплуатационных затрат в 2-3 раза на одном шламонакопителе.

В четвертой главе диссертации «Исследования фильтрационных процессов в шламонакопителях фосфогипса» изложены результаты исследования фильтрационных процессов в шламонакопителях, и методика расчета фильтрации и обезвоживания фосфогипса при различных конструкциях противofильтрационных и дренажных устройств.

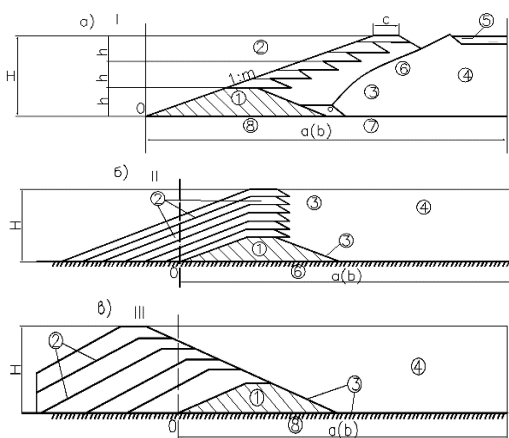
Приведены теоретические основы расчета баланса и обезвоживания для накопителя с непроницаемым экраном (из полимерной пленки, асфальто-полимербетона и др.), над экранной дренажной системой и первичной дамбой с откосами, защищенными противofильтрационным экраном из пленки.

Принимаем, что жидкость в прудке осветленная, слой шламов несжимаем. Наполнение емкости накопителя ведется в 2 стадии: в первую-происходит образование прудка заданной глубины  $h_0$ ; во вторую – глубина жидкости в прудке  $H_0$  – поддерживается постоянной при помощи

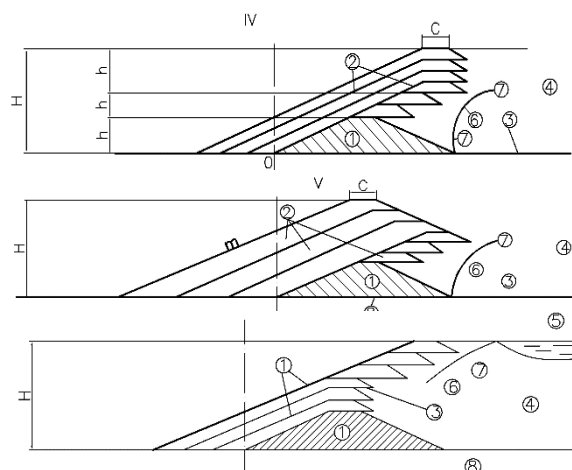


**Рис.5.Способы гидроскладирования фосфогипса и конструктивные схемы накопителей:**

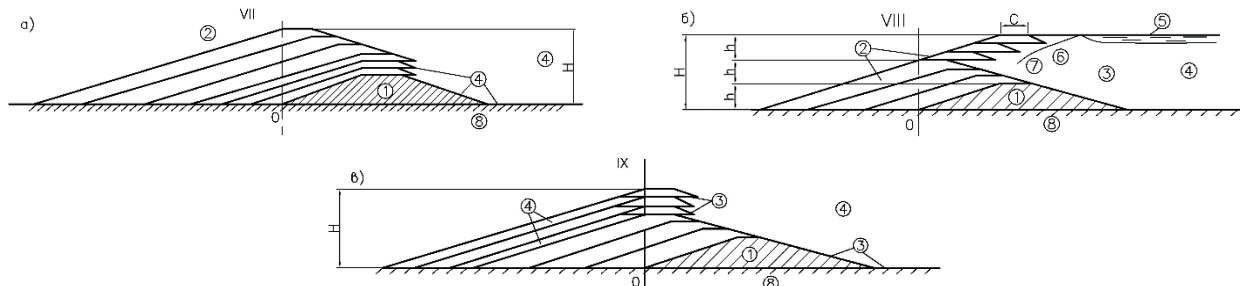
I - со строительством дамб из отвального фосфогипса; II - со строительством дамб из обезвоженного фосфогипса; варианты наращивания гидроотвалов: а) наружный, б) внутренний с усиленной дренажной системой, в) внутренний с поярусными противofильтрационными устройствами.



**Рис. 6. – Основные схемы наращивания гидроотвала.**



**Рис.7.Комбинированные схемы наращивания гидроотвала.**



**Рис.8.Комбинированные схемы наращивания гидроотвала.**

сбросных устройств. Намыв пульпы ведется равномерно по всему периметру и с постоянным расходом. Для определения изменения мощности шламов  $z_1(t)$ , глубина жидкости в прудке  $h_0(t)$ , удельного расхода вод, отводимых через сбросной колодец  $q_0(t)$ , удельного расхода фильтрационных вод  $q_\phi(t)$ , продолжительности стадий заполнения карт шламонакопителя будем исходить из следующей системы уравнений:

Сохранение массы:

$$q = \frac{dh_0}{dt} + \frac{dz_1}{dt} + q_\phi + q_0 + \varepsilon, \quad \varepsilon = \varepsilon_u - \varepsilon_0. \quad (8)$$

Динамика осаждения твердой фракции:

$$\frac{dz_1}{dt} = \alpha q, \quad \alpha = \frac{c}{\gamma_2(1-n_1)}, \quad \frac{c}{\gamma_2} = \frac{\eta_{B.K} \gamma^*}{1+\eta_{B.K} \gamma^*}, \quad \gamma = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}. \quad (9)$$

Фильтрация в слое шламов:

$$q_\phi = K_1 \cdot \frac{h_0 + z_1}{z_1} \quad (10)$$

где:  $q$ - удельный расход пульпы, м/сут;  $\varepsilon_{и,о}$ - модули испарения и осадков, м/сут;  $c$ - концентрация твердых частиц в пульпе, кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_1, \gamma_2$ - удельные массы воды и фосфогипса, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta_{в,к}$ - весовая консистенция пульпы;  $K_1$ - коэффициент фильтрации фосфогипса, м/сут;  $n_1$ - пористость слоя фосфогипса.

Изменение мощности слоя шламов  $z_1(t)$  определяется по зависимости

$$z_1 = \alpha \cdot q \cdot t. \quad (11)$$

Подставим соотношение (11) для  $z_1(t)$  в уравнение (10), затем  $q_{\phi}(t)$  и  $z_1(t)$  в уравнение (8). Получается однородное дифференциальное уравнение 1-го порядка:

$$\frac{dh_0}{dt} - (1 - \alpha)q + \varepsilon + \frac{K_1 h_0}{\alpha q t} = 0 \quad (12)$$

которое при  $t=t_H$  и  $h_0=0$  имеет частное решение:

$$h_0 = c_1(t - t_H) \quad c_1 = \frac{[(1 - \alpha)q - \varepsilon - K_1] \alpha_q}{K_1 + \alpha_q} \quad (13)$$

где:  $t_H$ - продолжительность насыщения защитного слоя над пленкой экрана. Находим ее из равенства:

$$t_H = \frac{V_B}{Q_B}, \quad V_B = m \cdot S_i \cdot n_0, \quad Q_B = (1 - \alpha)Q_n \quad (14)$$

где:  $V_B$ - объем воды, расходуемый на насыщение слоя мощностью  $m$ , с пористостью  $n_0$ , площадью основания  $S_i$ ,  $Q_B$ -расход поступающей жидкости,  $Q_n$ -расход пульпы,  $z_1(t)$ -мощность шламов и глубина воды в прудке изменяются по линейному закону.

Удельный расход фильтрующих через толщу фосфогипса в стадию наполнения прудка, т.е. в первую стадию, определяется из уравнения (10) с учетом соотношений (11) и (13) и имеет вид:

$$q_{\phi} = K_1 \frac{C_1(t - t_H) + \alpha q t}{\alpha q t}. \quad (15)$$

Расход воды, отводимой через водосбросные колодцы, определяем из уравнения (8) с учетом зависимостей (11) и (15):

$$q_0 = (1 - \alpha)q - \varepsilon - K_1 \frac{H_0 + \alpha q t}{\alpha q t}. \quad (16)$$

Продолжительность эксплуатации сооружения определяется исходя из соотношения (11). Удельный расход перехватываемый дренажом  $q_{др}$  определяется по формуле:

$$q_{др(\phi)} = k_1 \frac{z_1^2}{2\ell} = \frac{k_1 z_1^2}{2\beta t} = \frac{k_1 (\alpha q)^2 t}{2\beta} \quad (17)$$

эта величина половины расхода дрены на один погонный метр ее длины. Общий расход на всю дренажную длину  $L$  из слоя фосфогипса составляет

$$Q_{др(\phi)} = q_{др(\phi)} * L = \frac{k_1 z_1^2}{\beta t} * L = \frac{k_1 (\alpha q)^2 t}{\beta} * L. \quad (18)$$

Расход, отводимый «п» нитками ленточной дренажа из слоя фосфогипса, представляет сумму расходов отдельных дрен длиной

$$\sum_{i=1}^n Q_{\partial p(\phi)i} = \sum_{i=1}^n 2q_{\partial p(\phi)i} L_i = \sum_{i=1}^n \frac{k_1(\alpha q_i)^2 t}{\beta_i} * L_i. \quad (19)$$

При наличии защитного слоя необходимо определить величины фильтрационного потока, перехватываемого из защитного слоя толщиной  $m$  с коэффициентом фильтрации  $K_0$  и пористостью  $n_0$ . Величина удельного расхода дрены на 1 погонный метр ее длины определяется по формуле:

$$q_{\partial p(z)} = \frac{k_0 m^2}{2\ell} = \frac{k_0 m}{2} \left\{ \frac{k_0}{2q_\phi} \left[ 1 - \exp\left(\frac{6q_\phi t}{n_0 m}\right) \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}. \quad (20)$$

Общий расход на всю длину дрены, из защитного слоя составляет

$$Q_{\partial p(z)} = 2q_{\partial p(z)} \cdot L = k_0 m \left\{ \frac{k_0}{2q_\phi} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{6q_\phi t}{n_0 m}\right) \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}. \quad (21)$$

Расход, отводимый «п» нитками ленточного дренажа из защитного слоя, есть

$$\sum_{i=1}^n Q_{\partial p(z)i} L_i = \sum_{i=1}^n 2q_{\partial p(z)} \cdot L_i. \quad (22)$$

Общий расход дренажных вод, отводимых из фосфогипса и защитного слоя, определяется в виде:

$$Q_{\partial p} = Q_{\partial p(\phi)} + Q_{\partial p(z)} \quad (23)$$

Величина удельного расхода

$$q_{\partial p} = \frac{Q_{\partial p}}{S_i}. \quad (24)$$

Умножая величину  $q_0$  на соответствующую площадь основания накопителя, определим общий расход вод, отводимых водосбросными колодцами  $Q_0$ . Сумма дренажных и сбросных вод составляет общее количество воды используемых в оборотном водоснабжении производства фосфорной кислоты  $Q_{об}$ , т.е.

$$Q_{об} = Q_{\partial p} + Q_o. \quad (25)$$

Все зависимости  $z_1(t)$ ,  $h_0(t)$ ,  $q_\phi(t)$ ,  $q_0(t)$ ,  $q_{др}(t)$  –получены для случая, когда значение удельного расхода пульпы  $q$  больше коэффициента фильтрации  $K_1$ :  $q > K_1$ , т.е. имеет место фильтрации с полным насыщением пор фосфогипса. При  $q < K_1$  происходит разрыв сплошности потока. В этом случае прудка осветленных вод не образуется. Для определения расхода фильтрационного потока следует в систему уравнений (8), (9) и (10) подставить  $h_0=0$ ,  $q_0=0$  и с учетом (11) получим:

$$q_\phi = (1 - \alpha)q - \varepsilon. \quad (26)$$

Если пропускная способность дренажа меньше расхода, поступающего в дренаж, то будет происходить подтопление толщи фосфогипса и со временем образуется прудок. Однако такой режим менее предпочтителен по сравнению с режимом фильтрации при полном насыщении пор фосфогипса и отведения осветленных вод прудка при помощи водосбросных устройств.

При исчерпании емкости обвалованной дамбой, прекращается пульпа и происходит сработка прудка осветленных вод глубиной  $H_0$ . Затем фронт

свободной влаги опускается до дренажной системы. В период сработки следует определять следующие параметры: продолжительность периодов, величину фильтрационных потерь, расход в дренажную систему, продолжительность обезвоживания толщи фосфогипса.

Для определения параметров сработки и осушения имеем систему уравнений:

$$\frac{dh_0}{dt} = -q - \varepsilon \quad (27)$$

$$q_{\phi} = K_1 \cdot \frac{h_0 + z_0}{z_0} \quad (28)$$

Из решений уравнений (27) и (28) находим продолжительность сработки прудка:

$$t_{cp} = \frac{z_0}{K_1} \ln \left( 1 + \frac{H_0}{A} \right), A = z_0 \frac{K_1 + \varepsilon}{\varepsilon} \quad (29)$$

Расход в дренаж на 1 п.м. определим из следующего балансового уравнения:

$$2q_{\partial p(\phi)} = z_0 \sqrt{2K_1 q_{\phi} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{6q_{\phi} t}{\mu_{\phi} z_0} \right) \right]} \quad (30)$$

А расход на всю длину дренаж:

$$Q_{\partial p(\phi)} = 2q_{\partial p(\phi)} \cdot L \quad (31)$$

Общий расход, поступающий из слоя фосфогипса из «п» дренажных ниток составляет:

$$Q_{\partial p(\phi)} = 2q_{\partial p(\phi)} \cdot L \cdot n \quad (32)$$

Аналогично определяется общий расход поступающий из защитного слоя из «п» дренажных ниток.

Полный расход дренажных вод, поступающих в дренажную ленту из слоя фосфогипса и защитного слоя за весь период обезвоживания  $t_{об}$ , следует определить в виде определенных интегралов:

$$Q_{\partial p} = \int_0^{t_{об}} Q_{\partial p(\phi)}(t) dt + \int_0^{t_{об}} Q_{\partial p(z)}(t) dt \quad (33)$$

Продолжительность осушения толщи фосфогипса и расход в дренаж определяются по формуле:

$$T_{ос} = \frac{V_{ce}}{n \cdot Q_{\partial p}} \quad (34)$$

где:  $Q_{\partial p}$ - водоотводящая способность дренажной ленты, в частности трубчатой.

Если ленточная дрена выполнена в виде банкета, то  $Q_{\partial p}$  при сработке осушений определяется по формуле:

$$Q_{\partial p} = Fu(I + i), \quad I_{cp} = h_0 + \frac{z_0}{L}, \quad I_{об} = \frac{z_0}{L} \quad (35)$$

а расход из выпусков

$$Q_{\partial p} = K_1 L_1 m_0 \quad (L_1, m_0 - \text{длина и ширина банкета с выпусками}).$$



Расходы, поступающие в дренаж за период  $t_{cp}$  и  $t_{об}$  будут соответственно:

$$Q_{cp(б)} = t_{cp} \cdot Q_A, \quad Q_{об(б)} = t_{об} \cdot Q_A, \quad Q_{B(об)} = t_{об} \cdot Q_B \quad (36)$$

Тогда:

$$t_{oc} = \frac{V_{CB} - t_{об} \cdot (Q_A + Q_B)}{Q_A + Q_B} \quad (37)$$

Приведены результаты исследования фильтрационной прочности фосфогипса и разработаны методики по подбору гранулометрического состава фильтров дренажных устройств к фосфогипсам.

Для исключения фильтрационных деформаций защищаемого грунта (фосфогипса) в зонах выхода фильтрационных вод в дренажные устройства последние снабжаются обратными фильтрами, состоящими из одного или нескольких слоев с различной крупностью частиц, возрастающей по направлению движения потока.

Подбор фильтров предусматривал определение зоны допустимых отклонений грансоставов из естественных песчаных и песчано-гравийных грунтов или щебеночных материалов при условии соблюдения фильтрационной прочности защищаемых фосфогипсов, критерием которого является равенство или превышение величины допустимого над ожидаемыми градиентами напора в зоне подхода фильтрационного потока к дренажу.

Контакт фосфогипсов и фильтров исследован на устойчивость против контактного размыва с соблюдением условий:

$$I_p \leq K \cdot I_{кр} \quad (38)$$

где:  $I_p, I_{кр}$  - расчетный и критический градиент напора;  $K$  - коэффициент запаса.

Расчетный градиент напора определяется при решении задачи фильтрации в элементах сооружений шламонакопителя, либо экспериментальным (методом ЭГДА), либо теоретическими методами.

Наибольшие ожидаемые градиенты будут составлять в дренажных устройствах над экраном основания шламонакопителя.

При устройстве трубчатого дренажа градиенты напора в фосфогипсах вблизи с контактом фильтровой отсыпки будут составлять около,  $I_p = 4$ , а для устройства дренажного банкета  $I_p = 1,8-2,0$ . Градиенты напора в самом фильтре меньше 1.

Диаметр фильтрационного хода фильтровых материалов подобранных по нормативным документам ОАО ВНИИГ, оказался равным для фосфогипсов I группы  $D_0^I = 2,6 \text{ мм}$ , для II группы  $D_0^{II} = 0,286 \text{ мм}$ .

Опытным путем получены допустимые значения диаметра фильтрационного хода для обеих групп фосфогипсов, которые следует принять в качестве расчетного  $D_{0 \text{ расч}} = 0,46 \text{ мм}$ .

Результаты исследований фильтровых материалов с диаметром фильтрационного хода до 0,46 мм показали высокую фильтрационную прочность фосфогипсов. Критические градиенты напора для фосфогипсов I группы на контактный выпор составили  $I_{к.р}^{к.б} = 22$  и более, на контактный размыв

$I_{к.р}^{к.р} > I_{\text{макс}} = 1,8$ , для фосфогипсов II группы  $I_{к.р}^{к.б} > I_{\text{макс}} = 26$   $I_{к.р}^{к.р} > I_{\text{макс}} = 1,6$ .

Нормативный коэффициент запаса по рекомендациям ВОДГЕО составляет для шламонакопителей как сооружений III и IV классов  $K_3=2$ .

Учитывая опытные данные, условия (38) удовлетворяются с большим запасом.

При соблюдении всех условий по защите разрушения фосфогипсов на контакте экспериментальным путем определена зона допустимого гранулометрического состава фильтров.

На основании результатов проведенных исследований рекомендуем: подбирать гранулометрический состав фильтров, защищающих фосфогипсы от разрушений фильтрационным потоком, не выходя за пределы допустимой зоны (см.рис.4.9 диссер.). Границы зоны определяются гранулометрическим составом несвязных грунтов: «верхняя» - барханными песками (Каракумские, Кызылкумские, (кр.8) и «нижняя» – песчано-гравийно-галечниковыми смесями с фракциями 0,4-1,0 мм (кр. 9).

В пятой главе диссертации **«Вопросы общей устойчивости накопителей фосфогипса»** рассмотрены вопросы общей устойчивости накопителей фосфогипса.

В целях разработки рационального профиля дамб накопителя, базирующегося на результатах оценки устойчивости откосов, рассматривалось 9 вариантов расчетных моделей сооружения и его основания, конструкция которых подробно описана в гл.3 диссертации.

В программе «РУЗО» в состав расчетных формул включено четыре, три из которых основаны на схеме Терцаги, но с различной точностью учитывающих влияние фильтрационных сил: по способу ВНИИГ им. Веденева по Терцаги по Ничипоровичу и по Федорову, а также по методу «весового давления» Чугаева. При этом направленный поиск минимального коэффициента запаса устойчивости осуществлялся по формуле Федорова-Забавина.

При расчете рассмотрены 3 основных и 6 комбинированных схем наращивания дамб гидроотвалов фосфогипса.

Результаты расчетов показали, что устойчивость откосов при действии основных нагрузок для всех схем наращивания накопителя оказались значительно выше нормативной.

По устойчивости наиболее экономичным вариантом считается тот, который обеспечивает наименьшее заложение при одинаковом нормативном значении коэффициента запаса устойчивости.

Для определения наиболее экономичного профиля отвечающего устойчивости при минимальном заложении откоса и для сопоставления вариантов были выполнены расчеты устойчивости допустимо-предельного откоса.

Из рассмотрения табл. 1. видно, что наименьшие предельные значения заложения откосов получены для III, V, VII вариантов выполняемых по центральной или наружной схеме наращивания, а наибольшее, для вариантов с внутренней схемой наращивания.

Таблица 1

## Предельные заложения откосов дамб

Предельное допустимое значение	Варианты наращивания						
	I	II	III, V, VII	IV	VI	VIII	IX
$m^{\partial}$	1,34	1,10	1,05	1,15	1,22	1,15	1,10
$k_z^{\partial}$	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15

Выполнены расчет устойчивости откосов при действии основных и сейсмических нагрузок.

Проверка устойчивости выполнена для семи вариантов наращивания дамб при сейсмических интенсивностях 7, 8, 9 баллов.

Расчетами определены минимальные коэффициенты запаса устойчивости  $k_z^{мин}$  наружного откоса дамб накопителя, при расчетном их заложении.

Расчеты показали, что во всех рассматриваемых схемах минимальные коэффициенты запаса устойчивости при действии сейсмических нагрузок выше нормативных значений –1,05. Установлены предельно допускаемые значения заложений откосов при допускаемом коэффициенте запаса устойчивости. Данные расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2.

## Предельно допускаемые значения заложений откоса

Варианты	$k_z^{\partial}$	Предельно допускаемые значения заложений откоса при		
		7 баллов	8 баллов	9 баллов
I	Для всех вариантов:  1,05	1,90	2,30	2,90
II		1,40	1,55	1,75
III, V, VII		1,30	1,40	1,60
IV		1,36	1,56	1,95
VI		1,56	1,80	2,45
VIII		1,85	2,10	2,65
IX		1,35	1,50	1,75

Таким образом, устойчивость откосов дамб во всех рассмотренных вариантах накопителя фосфогипса обеспечена как при основных, так и при особых сочетаниях нагрузок.

Выбор конструкции внешнего откоса гидроотвала с оптимальным вариантом наращивания осуществлен по основным технико-экономическим показателям: Себестоимость складирования 1 м<sup>3</sup> фосфогипса и расчетному сроку эксплуатации накопителя.

По результатам технико-экономических сравнений обоснованы разработанные конструкции и схемы наращивания их по высоте и выбраны оптимальные конструктивные решения по наращиванию шламонакопителей. Результаты показали, что при землетрясениях силой до 7 баллов оптимальными

показателями обладают I, VI, VIII варианты, а на территориях с высокой сейсмической активностью наиболее оптимальные варианты III, V и VII.

В шестой главе диссертации **«Вопросы технологии строительства дамб из фосфогипса»**. По технологической схеме гидроскладирования часть потока пульпы фосфогипса пропускается через станцию фильтрации при годовом количестве выходящей после него пасты в объеме, рассчитанном на строительство вторичных дамб гидроотвала. Для укладки в тело дамб фосфогипс должен быть просушен до оптимальной влажности 17-25%.

По методу МНК на основании опытных данных получена расчетная зависимость определяющее время просушки 1м слоя фосфогипса до оптимальной влажности 25%, в сут.

$$T = -13,6 + 0,63 W_0 + 0,01 W_0^2 + 0,00013 W_0^3, \quad (39)$$

где:  $W_0$ -начальная влажность фосфогипса в отвале, соответствующая влажности пасты выходящей из станции фильтрации, %.

Установлены расчетные параметры по отсыпке и укатке, типы и массы катков, а также условия их работы. Применение легких катков ограничивает высоту отсыпаемого слоя к 20-25 см и сужает диапазон оптимальной влажности фосфогипса. Наиболее эффективным при возведении дамб из фосфогипса оказывается применение катков массой 18-30т. Высота отсыпаемого слоя составит 30-40 см, диапазон оптимальной влажности в пределах 18,5 ÷ 26%.

Технология послойной отсыпки и укатки для возведения дамб из фосфогипса отработана при проведении полевых экспериментов на крупномасштабных моделях, построенных из кислого фосфогипса на отвалах Самаркандского химзавода.

Возведение насыпных дамб гидроотвалов фосфогипса методом механического уплотнения предусматривает разравнивание подготовленного на картах просушки слоя фосфогипса и его уплотнения катками. Искусственное уплотнение фосфогипса должно обеспечивать повышение устойчивости, уменьшение осадки и увеличение водонепроницаемости дамб обвалования.

Проведенные по методу математического планирования многофакторного эксперимента исследования комбинированной по влажности и переменной по толщине модели слоя фосфогипса, а так же при использовании в качестве уплотняющих механизмов автосамосвалов Белаз-540, позволили установить расчетные параметры по отсыпке и укатке, определить типы и массы катков, а также условия их работы.

Было установлено, что применение легких катков ограничивает высоту отсыпаемого слоя к 20-25 см и сужает диапазон оптимальной влажности фосфогипса. Легкие катки целесообразно применять при использовании фосфогипса с оптимальной влажностью близкой к ее верхней границе. Расчетная плотность достигается уже при 6 проходках по следу.

Наиболее эффективным при возведении дамб из фосфогипса оказывается применение катков массой 18-30т. Высота отсыпаемого слоя составит 30-40 см. диапазон оптимальной влажности при подготовке карьера изменяется в

пределах  $18,5 \div 26\%$ . Рекомендуемые типы катков для возведения дамб приведены в таблице-6.6 диссертации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по докторской диссертации на тему: «Совершенствование конструкции, методов расчетного обоснования и технология возведения шламонакопителей фосфогипса» представлены следующие выводы:

1. Из существующих к настоящему моменту и используемых способов удаления отходов производства экстракционной фосфорной кислоты наиболее оптимальным оказался гидравлический способ транспортирования фосфогипса. Этот способ дает возможность эффективно складировать фосфогипс.

2. Выполнен подробный анализ литературных источников, проектных материалов и комплексно изучены физико-механические и динамические свойства фосфогипса. Эти исследования дают возможность использовать фосфогипс, являющийся отходом производства минеральных удобрений, для возведения ограждающих дамб шламохранилищ.

3. Проведенные комплексные исследования свойств фосфогипса, как материала ограждающих дамб, дают возможность установить следующее:

- в гидроотвале фосфогипс обладает средней сжимаемостью с модулем осадки в пределах  $\ell_\sigma = 5,5 - 1,42$  мм/м и модулей общей деформации при  $\sigma = 0,5$  МПа,  $E = 6,4 - 11$  МПа (II категории);

- в теле дамб фосфогипсы, уложенные с максимальной плотностью при  $W_{\text{опт}}$  имеют невысокий модуль осадки  $4,7 - 5,5$  мм/м и  $E = 15 - 30$  МПа, что характеризует их как слабо сжимаемые (I категории);

- прочностные характеристики фосфогипсов для гидроотвала при  $\rho_d = 850 - 1250$  кг/м<sup>3</sup> составляют  $\varphi = 26^\circ$ ,  $C = 0,01$  МПа и при  $\rho_d > 1250$  кг/м<sup>3</sup> -  $\varphi = 26^\circ$ ,  $C = 0,02$  МПа. Для дамб с плотностью укладки  $1300 - 1360$  кг/м<sup>3</sup> при  $W_{\text{опт}}$  следует принять  $\varphi = 35^\circ$ ,  $C = 0,04$  МПа;

4. В результате экспериментальных исследований динамических свойств фосфогипса на виброустановках установлено, что ограждающие дамбы шламонакопителей, возводимые из фосфогипсов с оптимальной влажностью и послойным уплотнением его  $1,25 - 1,30$  г/см<sup>3</sup>, при заложениях откосов не менее 3 обладают необходимой сейсмостойкостью при землетрясениях силой 7-9 баллов. Это дает возможность строительства дамб из фосфогипса в сейсмических районах.

5. Для обезвоживания фосфогипса наиболее приемлемой конструкцией является грунтопленочный экран с над экранным систематическим дренажом, выполненным в виде отсыпки лент из сильно проницаемых фильтровых материалов. Эта конструкция дает возможность своевременно обезвожить фосфогипс.

6. Разработана новая конструкция дренажно-противофильтрационного устройства шламонакопителя. Эта конструкция дает возможность эффективный перехват фильтрующих из шламохранилища промышленных стоков.

Применение этого устройства сокращает площади отводимых земель и дает возможность снижения капитальных затрат и сроков строительства.

7. Разработаны новые конструкции водосбросных устройств (IAP 04512, IAP 04513, IAP 05481). Предлагаемые конструкции исключают заиливание водоприемника и водовыпускного трубопровода, а также исключают ручные работы по перекрытию водосливных отверстий шандорами и освобождают от работ по очистке водовыпускного трубопровода от шлама, это дает возможность обеспечить снижение эксплуатационных затрат в 2-3 раза на одном шламонакопителе.

8. Разработаны методика расчета баланса и обезвоживания фосфогипса и подбора гранулометрического состава фильтра, защищающего дренажные устройства от фосфогипса при различных конструкциях противofильтрационных и дренажных устройств. Этот метод дает возможность определить параметры фofильтрационного потока, размеры дренажных устройств и оценить эффективность противofильтрационных и дренажных устройств.

9. Заложение внешнего откоса вторичных дамб гидроотвалов для выбранной схемы наращивания принимается исходя из расчетов устойчивости на воздействия основных нагрузок, а в сейсмических районах так же с учетом особых нагрузок. При этом получаемые значения заложений откоса не должны быть меньше предельно допустимых, приведенных в таблицах-1 и 2. Данные значения заложения откоса дают возможность обеспечения их устойчивости.

10. В полевых условиях исследован режим присушки пасты фосфогипса с различной исходной влажностью и предложена формула, определяющая время просушки. Эта формула дает возможность определять время просушки 1м слоя фосфогипса до оптимальной  $W_{\text{опт}} = 25\%$  влажности.

12. В полевых условиях изучены параметры уплотнения фосфогипса. Определены расчетные параметры по отсыпке и укатке, типы и массы катков. Эти исследования дают возможность выбрать параметры уплотнения и уплотняющие механизмы.

13. Результаты исследований были внедрены при проектировании и строительстве гидроотвала фосфогипса на АО «Самаркандкимё». Внедрения результатов исследований было достигнуто экономического эффекта на 11,796 млрд. сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc 27.06.2017.T.10.02AT TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND  
AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS**  

---

**TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

**FAYZIEV KHOMITKHON**

**IMPROVEMENT OF DESIGN AND METHODS OF ANALYSIS AND  
TECHNOLOGY OF SLUDGE COLLECTORS FOR PHOSPHOGYPSUM  
CONSTRUCTION**

**05.09.06 – Hydrotechnical and meliorative construction**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR DISSERTATION (DSc)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**TASHKENT – 2018**

**The topic of the doctoral dissertation (DSc) is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No. B2017.1.DSc/T65**

The doctoral dissertation was carried out at the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers.

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website ([www.tiim.uz](http://www.tiim.uz)), Information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific consultant:** **Madjidov Inomjon Urishevich**  
doctor of technical sciences, professor.

**Official opponents:** **Glovatski Oleg Yakovlevich**  
doctor of technical sciences, professor.

**Salyamova Klara Djabbarovna**  
doctor of technical sciences, professor.

**Bakhodirov Azizbek Abdulazizovich**  
doctor of technical sciences, professor.

**Leading organization:** **Tashkent State Technical University**

Defense of the thesis will be held «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 \_\_\_\_\_ hours at a meeting of the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.10.02 at the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers at the address: 100000, Tashkent, st. Kary Niyoziy, 39, tel. (+99871) -237-22-67, 237-22-09, fax: 237-54-79, e-mail: admin@[www.tiame.uz](http://www.tiame.uz).

Doctoral dissertation can be reviewed in the Information and Resource Center of the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (registration No.). Address: 100000, Tashkent, Kary Niyoziy, 39, tel. (+99871) -237-22-67.

The thesis abstract was sent out «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018.  
(protocol of distribution No. \_\_\_\_\_ from «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018)

**T.Z.Sultanov**  
Chairman of the scientific council  
forawarding of academic degrees,  
doctor of technical sciences

**A.A.Yangiev**  
Scientific secretary of the scientific  
council forawarding of academic  
degrees, doctor of technical sciences

**M.R.Bakiev**  
Chairman of the scientific seminar of the  
scientific council forawarding of academic  
degrees, doctor of technical sciences,  
professor



## INTRODUCTION (summary of the Dsc. thesis)

**The aim of research work** is improvement of design, methods of analysis and technology of sludge collectors with bund walls made of phosphogypsum construction.

**The object of research** is sludge collector for phosphorus-bearing mineral fertilizers from chemical enterprises of Samarkand, Almalyk and Kokand.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

Justified possibility of phosphogypsum use as a material for construction of bund walls of sludge collectors taking into account of phosphogypsum physical-mechanical and dynamic properties;

developed method of phosphogypsum filtration and dehydration under different design of anti-filtration and drainage facilities, taking into account technological features of the aggradation;

improved methodology concerning selection of drainage facilities particle-size distribution to phosphogypsum taking into account specific properties of phosphogypsum;

justified methods of warehousing and increasing height of sludge collectors bund walls ensuring efficiency and operational reliability of sludge collectors;

developed new design of spillway and drainage-filtration devices taking into account the provision of filtration strength and stability of dams within the limits of standard values;

research in full-scale conditions determined parameters of phosphogypsum compaction in the sludge bund walls taking into account technological requirements and climatic features of the construction area;

**Implementation of the research results.** On the basis of the obtained results on the improvement of the design, the methods of analysis and the technology of sludge collectors construction:

On the design of sludge collectors spillway a patent for an invention is obtained ("Facility for draining water from the depositing sites" No. IAP-04513-2012 r.). As a result of the introduction, it was possible to eliminate silting of the water intake and the water outlet pipeline, as well as the exclusion of manual work on the overlapping of spill holes by the shandors and the exemption from work on cleaning the water outlet pipe from the sludge, which provides a reduction in operating costs by 2-3 times on one sludge collector;

A patent for an invention ("Facility for draining water from the depositing sites" No. IAR-05481-2017) was obtained on the design of the sludge collectors spillway installation. As a result of the introduction, it was possible to increase the reliability of its operation, and by eliminating the work on cleaning the discharge line to reduce the operational costs of sludge collector construction by 2-3 times.

Improved design of sludge collector bund walls has been introduced in phosphogypsum hydraulic fill of I.II stages at JSC "Samarkandkimiyo" under JSC "Uzkimiyosanoat" (reference of JSC "Uzkimiyosanoat" No.01/3-238/II dated 17.01.2018). As a result, it was possible to reduce the volume of dams by 424 m<sup>3</sup>, by

preserving (without processing) the phosphogypsum deposits of the existing dry dump as a separation dam between sections 1 and 2 at a length of 400 m.

Improved design of sludge collector anti-filtration screen has been introduced in phosphogypsum hydraulic fill of I,II stages at JSC "Samarkandkimiyo" under JSC "Uzkimiyosanoat" (reference of JSC "Uzkimiyosanoat" No.01/3-238/II dated 17.01.2018). As a result of the introduction, possibility is created to reduce anti-filtration screen with area 58,1 m<sup>2</sup> under separating dams within the limits of the preserved part.

**Dissertation composition and volume.** The dissertation consists of the introduction, six chapters, conclusions, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 193 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Файзиев Х., Сайфиддинов С. Вопросы проектирования, строительства и эксплуатации накопителей фосфогипса. Монография. Т.: ТАСИ, 2009. – с. 220.
2. Файзиев Х. Оценка устойчивости откосов дамб накопителей фосфогипса. Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ, №2-4, 2006.- с. 75-80. (05.00.00; №4).
3. Файзиев Х. Исследование фильтрации и определение эксплуатационных параметров шламохранилищ фосфогипса. Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ №1-4, 2008.- с. 95-99. (05.00.00; №4).
4. Сайфиддинов С., Файзиев Х., Оценка целесообразности затрат на восстановление и реконструкцию сооружений шламонакопителя фосфогипса Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ №1-4, 2008.- с. 115-118. (05.00.00; №4).
5. Файзиев Х., Сайфиддинов С. Современные направления в исследованиях, проектировании и строительстве накопителей фосфогипса Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ, №1-2, 2009.- с. 39-43. (05.00.00; №4).
6. Файзиев Х. Установления параметров уплотнения при возведении ограждающих дамб из фосфогипса Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ, №1-2, 2009.- с. 47-50. (05.00.00; №4).
7. Файзиев Х. Подбор составов фильтров дренажных устройств накопителей фосфогипса. Вестник ТГТУ №3-4, 2009. - с. 278-282. (05.00.00; №16).
8. Файзиев Х. Противофильтрационные и дренажные устройства накопителей фосфогипса Вестник ТГТУ №3, 2010. - с. 152-155. (05.00.00; №16).
9. Файзиев Х., Рахимов Ш., Ахмедов И. Экспериментальные исследования по подготовке, пройденного через станции фильтрации фосфогипса для укладки в тело дамб. Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ, №1-2, 2010.- с. 90-93. (05.00.00; №4).
10. Файзиев Х., Тынчерова Э.Ш., Ахмедов И. Методика расчета баланса гидроотвалов фосфогипса в начальной период эксплуатации. Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ, №3, 2010. - с. 37-42. (05.00.00; №4).
11. Файзиев Х., Тынчерова Э.Ш. Методика расчета баланса период сработки, осушения карт шламонакопителя и возведения вторичных дамб обвалования. Архитектура. Строительство. Дизайн научно-практический журнал. ТАСИ, №4, 2010.- с. 42-46. (05.00.00; №4).
12. Файзиев Х. Деформационные характеристики фосфогипса. Архитектура. Строительство. Дизайн., научно-практический журнал. ТАСИ, №1-2, 2017. - с. 122-126. (05.00.00; №4).

13. Файзиев Х., Сайфиддинов С. Устройство для отвода воды с карт намыва. Патент на изобретение № IAP04512. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Ташкент. Оpubл. БИ. 2012. №6 .

## **II бўлим (II часть; II part)**

14. Файзиев Х., Сайфиддинов С. Устройство для отвода воды с карт намыва. Патент на изобретение № IAP04513. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Ташкент. Оpubл. БИ. 2012. №6 .

15. Файзиев Х., Сайфиддинов С. и др. Устройство для отвода воды с карт намыва. Патент на изобретение № IAP05481. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Ташкент. Оpubл. БИ. 2017. №10 .

16. Файзиев Х., Шарипов Р., Сайфиддинов С. Результаты исследования вибровязкости фосфогипса. Известия вузов, Строительства. Новосибирск, №5, 2010.- С. 35-40.

17. Файзиев Х., Шарипов Р., Сайфиддинов С. Результаты исследования динамических свойств фосфогипса. Известия вузов, Строительства. Новосибирск, №6, 2011.-с.30-38.

18. Файзиев Х. Экспериментальные исследования уплотняемости гидратного фосфогипса для строительства дамб гидроотвала. Известия вузов, Строительства. Новосибирск, №5, 2017.-с.59-65.

19. Файзиев Х., Сагдиев Т.Г. Ограждающие дамбы гидроотвалов, возводимые из отходов производства-фосфогипсов. Известия ВНИИГ, Том 250. Санкт-Петербург, 2008.- с.100-107.

20. Горюнов С.М., Файзиев Х. Совершенствование конструкций гидроотвалов фосфогипсов. Труды института «ВОДГЕО» -М.: 1989. с. 53-64.

21. Горюнов С.М., Файзиев Х. Мероприятия по возведению ограждающих дамб гидроотвала фосфогипса на водонасыщенных основаниях. Сборник тезисов Международной научно-практической конференции «Проблемные вопросы механики и машиностроения» (секция: «Механика грунтов и инженерная сейсмогеология») Ташкент 1994.-с.69-70.

22. Файзиев Х., Шарипов Р., Сайфиддинов С. Изучение динамических свойств фосфогипса. Труды ТАСИ, 1999.-с. 54-58с.

23. Файзиев Х. Опыт использования фосфогипса для строительства шламохранилищ. Тр. 1-го Центрально-Азиатского международного геотехнического симпозиума в г. Астане, т.2. 2000.- с.1003-1006.

24. Файзиев Х. Уплотнение фосфогипсов в теле ограждающих дамб гидроотвалов. Труды 1-го Центрально-Азиатского международного геотехнического симпозиума в г. Астане т.1, 2000. - с.500-502.

25. Файзиев Х., Юсупов Г. Особенности определения некоторых физических свойств фосфогипса. Архитектура вакурилишмуаммолари. Магистрлар илмийишлар тўплами. ТАҚИ. 2002.-с.19-21.

26. Файзиев Х. Норбоев С. Возведение ограждающих дамб гидроотвала фосфогипса на водонасыщенных основаниях. Труды II-го

Центрально-Азиатского геотехнического симпозиума в г.Самарканд 2002. - с.155-157.

27.Файзиев Х., Сайфиддинов С., Комилов К. Технологические приёмы достижения эффективного уплотнения фосфогипсов в теле ограждающих дамб. Ўзбекистонда қурилиш технологиясини такомиллаштириш илмий амалий семинар маърузалари тўплами. ТАҚИ, 2002.-с.44-48.

28.Файзиев Х., Шарипов Р.Р., Сайфиддинов С.Исследование сейсмической устойчивости дамб из фосфогипса экспериментальным методом.ТАҚИ илмий ишлар тўплами,2003.-с.76-79.

29. Файзиев Х., Комилов К. Олмалик “Аммофос” ОАЖ фосфогипс шламхонаси конструкциясини такомиллаштириш. Архитектура ва қурилиш муаммолари (магистрларнинг илмий ишлар тўплами) ТАҚИ, 2003,184-185б.

30. Сайфиддинов С., Файзиев Х., Шарипов Р.Р. Исследование сейсмической устойчивости дамб из фосфогипса методом центробежного моделирование. Архитектура қурилиши фани ва давр. ТАҚИ илмий ишлар тўплами.1-қисм.,2003, 92-93б.

31. Файзиев Х., Сайфиддинов С., Ахмедов Ж. Изучение деформируемости фосфогипса. ТАҚИ илмий ишлар тўплами, 2005,45-48 б.

32. Файзиев Х., Арипов Д. Результаты комплексного изучения физических свойств фосфогипса. Архитектура ва қурилиш муаммолари (магистрларнинг илмий ишлар тўплами) ТАҚИ,2005. -49-52 б.

33.Файзиев Х. Строительные свойства фосфогипсов-отходов производства минеральных удобрений. Труды III Центрально-Азиатского международного геотехнического симпозиума. Душанбе, 2005.- с.103-107.

34.Файзиев Х., Сайфиддинов С., Шарипов Р.Исследования процесса разжижения фосфогипса Метериалы международной научно-технической конференции по теме «Современные проблемы и перспективы механики» Ташкент, 17-18 май, 2006.-с.416-417.

35. Файзиев Х. Результаты изучения физико-механических свойств и химического состава фосфогипса как материала ограждающих дамб накопителя. Ракурсы инновации. Сборник научных и методических трудов СПбГПУ Санкт-Петербург, 2006.-с.45-50.

36.Файзиев Х. Оценка технической надежности ограждающих дамб гидроотвалафосфогипса Самаркандского химзавода. Материалы Республиканской конференции «Проблемы надежности и безопасности гидротехнических сооружений», ТИМИ, 2006.-с.81-83.

37. Файзиев Х., Сайфиддинов С. Методика обследования технического состояния накопителей отходов фосфоросодержащих минеральных удобрений. Материалы Республиканской конференции «Проблемы надежности и безопасности гидротехнических сооружений», ТИМИ, 2006.-с.178-180.

38. Файзиев Х. Фосфогипс чиқиндихонаси дренаж қурилмалари тесқари фелтрни тарқибини танлаш муаммолари Республикада геомеханика фанининг ютуқлари мавзусидаги Республика илмий-тадқиқот семинари тезислари. Тошкент, ТАҚИ 2006,22-23 б.

39. Файзиев Х. Фосфогипс чиқиндихонаси филтрацияга қарши қурилмалари Республикада геомеханика фанининг ютуқлари мавзусидаги Республика илмий-тадқиқот семинари тезислари. Тошкент, ТАҚИ 2006 , 31-32б.

40. Файзиев Х., Сайфиддинов С., Тошхўжаев А. Технология возведения противофилтрационных экранов шламонакопителей фосфогипса Ўзбекистонда қурилиш технологияси ва таъкилётини ривожлантириш (илмий-амалий анжуман натижалари бўйича илмий ишлар тўплами) Тошкент 2007 , 71-73 б.

41. Файзиев Х., Норматов М., Хатамкулов Б. Мероприятия по охране окружающей природной среды шламонакопителя ОАО “Аммафос Максам”. Республикада иншоотлар замини ва пойдеворсозлик муаммолари мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман натижалари бўйича илмий-ишлар тўплами. Тошкент, ТАҚИ, 2010, 52-58б.

42. Файзиев Х., Сайфиддинов С., Дусткабиллов К. Аварии и нарушения на накопителях, причины и роль социально-экологических факторов. Республикада иншоотлар замини ва пойдеворсозлик муаммолари мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман натижалари бўйича илмий-ишлар тўплами. Тошкент, ТАҚИ, 2010, 61-65б.

43. Файзиев Х., Сайфиддинов С., Рахимов Ш., Ахмедов И. Крепление наружных откосов дамб обвалования из фосфогипса. Архитектура қурилиши фани ва давр. ТАҚИ илмий ишлар тўплами. 2010.-с. 64-65.

44. Файзиев Х., Жураев К. Фосфогипс шламнахонасидаги филтрацияга оид тадқиқотлар. Гидротехника иншоотларининг самарадорлиги, ишончли-лиги ва хавфсизлигини ошириш. Республика илмий-амалий конференция материаллари. ТИМИ, 2013, 178-181б.

45. Файзиев Х., Хидоятлов З., Сувонов А. Саноат чиқиндихоналари дамбаларини фосфогипсдан қуриш муаммолари. “Ўзбекистонда геотехниканинг долзарб муаммолари ва уларнинг амалий ечимлари”. Республика илмий-амалий анжуман материаллари, 1-қисм. 2016, 82-87б.

46. Файзиев Х., Бадалов А. Исследования прочностных характеристик дигидратного фосфогипса. Мат. меж конф. “Проблемы и перспективы эффективного управления водного хозяйства в условиях глобализации”, ТИМИ 2017.-с. 184-186.

Автореферат «Архитектура. Қурилиш. Дизайн»илмий журнали таҳририяида  
таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари  
мослиги текширилди ( 24.05.2018 йил).

Босишга рухсат этилди: \_\_\_\_\_ йил.  
Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табоғи: \_\_\_\_\_ Адади \_\_\_\_\_. Буюртма №\_\_\_\_\_.  
Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти босмахонаси.  
Босмахона манзили: 100100, Тошкент ш., Шохжаҳон-5

