

FTAMP 67.21.17

М.О. Иманов¹ – негізгі автор, ©
К.А. Абдрахманова², А.А. Абдрахманова³,
Ш.Б. Төлеубаева⁴, И.Б. Ташмуханбетова⁵



¹Техн. ғылым. канд., ²PhD, доцент м.а., ³Аға оқытушы, ⁴PhD, аға оқытушы,
⁵PhD, қауымдас. профессор

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-7963-5417> ²<https://orcid.org/0000-0002-7218-4502>
³<https://orcid.org/0000-0002-5054-5637> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-8044-5346>
⁵<https://orcid.org/0000-0002-4066-8238>



^{1,2,3}Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қарағанды қ., Қазақстан

⁴Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті,
Астана қ., Қазақстан

⁵Халықаралық білім беру корпорациясы ЖШС, Алматы қ., Қазақстан



³aardasha@list.ru

<https://doi.org/10.55956/HWXJ7002>

СУ БАСУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ҚҰРЫЛЫСТАРЫНЫҢ ГИПСТЕЛГЕН ШАНДЫ ҚҰМДАРЫНЫҢ СҰЗУ ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада су басу жағдайында орналасқан топырақ құрылыстарында гипсті өңделген шанды құмдардың фильтрациялық қасиеттері қарастырылады. Гипстің жоғары ылғалдылық және суға қанығу жағдайларындағы фильтрация сипаттамаларына әсері ерекше назарға алынған. Гипс қолданылғаннан кейін құмдардың өткізгіштігін өзгерту бойынша жүргізілген зертханалық сынақтардың әдістері, сондай-ақ су басудың фильтрациялық процестерге әсері сипатталған. Зерттеу нәтижелері гипсті өңделген шанды құмдардың су басуға қарсы төзімділігінің жақсарғанын көрсетті, бұл гипс құрамдарының қалыптасуымен түсіндіріледі, олар бөлшектердің қозғалғыштығын азайтып, құрылымның тұрақтылығын арттырады. Мақалада гипсті топырақ құрылымдарының тиімділігін арттыру үшін қоспа ретінде пайдалану туралы ұсыныстар да беріледі, әсіресе су басу және жоғары су қанығу сияқты гидрогеологиялық жағдайларында.

Тірек сөздер: сұзу, гипстелген шанды құмдар, өткізгіштік, топырақтың тұрақтылығы, жер сулары.



Иманов, М.О. Су басу жағдайындағы топырақ құрылыстарының гипстелген шанды құмдарының сұзу қасиеттері [Мәтін] / М.О. Иманов, К.А. Абдрахманова, А.А. Абдрахманова, Ш.Б. Төлеубаева, И.Б. Ташмуханбетова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №2(88). – Б.308-317. <https://doi.org/10.55956/HWXJ7002>

Кіріспе. Тұзды топырақтар Қазақстан Республикасының құрғақ және жартылай аридті аймақтарында кең таралған. Тұзды топырақтарда жер инженерлік құрылыстарын салу мәселесі қазіргі уақытта автомобиль және темір жолдардың, көпірлердің, туннельдердің, сондай-ақ осы топырақтар жиі кездесетін елдің құрғақ аймақтарында әртүрлі гидротехникалық және

гидромелиорациялық құрылыстардың (бөгеттер, бөгеттер, су қоймалары) қарқынды құрылысына байланысты өзекті болып табылады. Қазақстанның осы аудандарында осындай объектілерді салу үшін тұзды топырақты кешенді зерттеу қажет.

Қазіргі уақытта, Қазақстанның ірі өңірлерінде, оның ішінде тұзды топырақтармен жиналған аумақтарда қатты су тасқыны мен су тасқынына байланысты су басқан жерлердің гидрогеологиялық құрылымында елеулі өзгерістер болуы мүмкін. Бұл өз кезегінде тау жыныстарының құрылымында, әсіресе су басқан аумақтардың тұзды топырақтарында түбегейлі өзгерістерге әкелуі мүмкін. Сондықтан, судың ұзақ және ауқымды әсер ету жағдайында тұзды топырақтың сұзу қасиеттерінің өзгеруін зерттеу мәселесі біздің заманымызда ерекше өзекті болып отыр.

Тиісті инфрақұрылымды құра отырып, жер асты бөгеттерін, бөгеттерді және басқа да гидротехникалық құрылыстарды жобалауға арналған тұзды топырақты арнайы зерттеу мұнай-газ кен орындарын, әсіресе теңіздердің, су қоймаларының және тұзды топырақтармен бүктелген басқа су айдындарының жағалау аймақтарында игеру кезінде қажет.

Тұзды топырақтардың қасиеттерін олардың ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілген зерттеулердің көптігіне қарамастан, мұндай топырақтардың сипаттамаларының өзгеруінің жалпы заңдылықтарын анықтау мүмкін болмады. Бұл зерттеулер әртүрлі аймақтардың тұзды топырақтарына, әртүрлі генезис топырақтарына жүргізілгендігімен түсіндіріледі.

Бұдан шығатыны, тұзды топырақтардың физикалық, деформациялық, беріктік және сұзу қасиеттерін зерттеу, суда еритін тұздарды еріту және шығару процесінде олардың сипаттамаларының өзгеруін зерттеу өзекті міндет болып табылады.

Топырақтағы суда еритін тұздар олардың сұзу қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Пайдалану процесінде тұзды топырақтардан жасалған құрылыстардың негіздері көбінесе жер асты және/немесе тасқын сулардың әсеріне ұшырайды, нәтижесінде топырақтың минералды бөлшектері арасындағы тұз байланыстары әлсірейді, содан кейін тұздар ериді және шығарылады (суффозия). Бұл топырақтың кеуектілігінің жоғарылауына әкеледі. Жүктеме кезінде тұзды топырақтың кеуектілігінің жоғарылауы көбінесе қосымша (суффозиялық) шөгінділермен бірге жүреді.

Топырақтағы тұздардың сапалық құрамы мен мөлшері олардың сипаттамаларына әр түрлі әсер ететіні анықталды (тығыздық, ылғалдылық, гранулометриялық құрам, сығылу, сдысуға төзімділік, су өткізгіштік және т.б.). Судың топырақ тесіктері арқылы сүзілуімен, содан кейін тұздардың еруімен және шығарылуымен топырақтың қасиеттері өзгереді.

Гипстелген сазды топырақтарда (құмды саздар мен саздақтарда) жеңіл еритін тұздардың мөлшері әдетте 2%-дан аспайды. Сондықтан гипстелген құмды саздар мен саздақтардың құрылыс қасиеттері негізінен осы топырақтардағы гипс тұздарының құрамымен (10%-дан астам) анықталады. Гипс тұздары топырақ бөлшектері арасында өте күшті кристалдану байланыстарын құрайды, әсіресе гипстелген құмды саздар мен саздақтардың төмен ылғалдылығында [1].

Жеңіл еритін тұздардан түзілген топырақтағы кристалдану-цементтеу байланыстары суға төзімділіктің төмендігімен сипатталады және судың қысқа мерзімді әсерінен де оңай бұзылады. Топырақта тез еритін тұздардың мөлшері артқан кезде үс бөлшектерінің тығыздығы төмендейтіні анықталды.

Бұл жағдайда ұс тығыздығының төмендеуі салыстырмалы түрде тар диапозонда болды.

М.Ю. Абелев пен У.Р. Джумашев жүргізген эксперименттік зерттеулер тазартылған суды сумен қаныққан тұзды топырақ (саздақ) үлгісі арқылы сүзу кезінде суффузиялық деформациялармен бірге жеңіл еритін тұздар шығарылатынын көрсетті [2]. Сығымдау және сүзу тәжірибелерінің нәтижесінде зерттелетін тұздалған саздақтардың үлгілерін тығыздау, сүзу коэффициентінің күрт төмендеуіне әкелетіні анықталды. Бұл жағдайда кеуектілік коэффициенті мен сүзу коэффициенті арасындағы байланыс сызықтық емес.

У.Р. Джумашев құрамында 5%-дан 9%-ға дейін жеңіл еритін тұздары бар тұздалған суға қаныққан шанды-сазды топырақтардың сүзу қасиеттеріне зерттеулердің нәтижесі, шағын қысым градиенттерінде де уақыт бойынша сүзу коэффициентінің шамалары артатынын көрсетті [3]. Бұл жағдайда сүзу еритін тұздардың еруімен және шайылуымен қатар жүрді. Жеңіл еритін және орташа еритін тұздардың бір бөлігін ерітіп, алып тастағаннан кейін, осы қысым градиентімен зерттелген топырақтың сүзу коэффициентінің мәні іс жүзінде өзгерген жоқ. Осы зерттеулердің нәтижесінде келесі тұжырымдар жасалды: құрамында 0,3%-дан астам жеңіл еритін тұздары бар тұзды топырақтарда сүзу Дарси заңы бойынша жүреді.

М.Б. Кусбекова, З.М. Жамбакина, М.Б. Пермьяков өз зерттеулерінде құрамында 15%-ға дейін жеңіл еритін немесе орташа еритін тұздары бар топырақтарға компрессиялық-сүзу сынақтарын жүргізу кезінде топырақ үлгілерін іріктеу орнынан жер асты суларын сүзгі сұйықтығы ретінде пайдалану керектігін анықтады [4]. Авторлар тұздардың тиісті құрамы мен концентрациясы бар сүзгі ерітіндісін қолдануды ұсынады. Кейбір жағдайларда 0,5 г/л-ден аспайтын минералданған тазартылған немесе тұщы суды қолдануға болады. Тұздануды жеделдету арқылы гипс мөлшері жоғары (15-тен 20%-ға дейін) топырақты сынау уақытын қысқарту үшін орташа еритін және ерімейтін тұздармен белсенді әрекеттесуге қабілетті реагенттері бар арнайы таңдалған химиялық ерітіндіні қолдану ұсынылды.

Б.Б. Бакенов және И.А. Свешников гипстелген сазды топырақтарға эксперименттік зерттеулер жүргізді (гипстің мөлшері 3-43%) [5]. Осы зерттеулердің нәтижесінде олар тұздарды шаймалау кезінде сүзу коэффициентін өзгертудің үш кезеңін анықтады:

- 1 кезең: жеңіл еритін тұздарды жуу нәтижесінде сүзу коэффициентінің жоғарылауы, содан кейін тұздардың агрегациясы және топырақтың белсенді кеуектілігінің жоғарылауы байқалды (тұзды құмды саздарда сүзу коэффициенті 3-5 есе өсті;
- 2 кезең: сүзу коэффициентінің төмендеуі байқалды (құмды сазда 1,5-2 есе), бұл топырақтың дисперсиясының жоғарылауымен түсіндіріледі;
- 3 кезең: тұзды топырақтарда сүзу коэффициенті 2-4 есе төмендеді.

Р.М. Худайкулов, А.Д. Каюмова, О.З. Захарованың мақалаларында автомобиль жолдарының жер төсемінің негізінің тұзды топырақтарының пайдалану қасиеттеріне сүзгіш сілтсіздендірудің әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген [6]. 2023 жылы Өзбекстан Республикасының тоғыз аймағында қатты су тасқыны оқиғалары байқалды, бұл жер асты суларының деңгейінің жоғарылауына, содан кейін жақын маңдағы аумақтардың су басуына әкелді. Көлік коммуникациялары (автожолдар және т.б.) негізінің топырақтарында тез еритін және орташа еритін тұздар болатын бұл жерлерде жол төсемінің

(асфальт төсемінің және т.б.) деформациясын тудыратын қосымша суффозиялық жауын-шашын жиі болатын. Бұл суффозиялық деформациялар фильтрациялық шаймалау процесінде топыраққа су әсер еткенде тұздардың еруіне байланысты болды.

Өз еңбектерінде В.М. Павилонский мен А. Құрбанов суффозия процесінде зерттелген тұзды топырақтардың көпшілігінің сүзу коэффициенті бастапқы мәнмен салыстырғанда басынан бастап 1,6-10 есе өсетінін анықтады [7]. Максималды мәнге жеткеннен кейін сүзу коэффициентінің мәні төмендеді. Шаймалау процесі аяқталғаннан кейін сүзу коэффициенті бастапқы мәннен 2-4 есе аз болды.

А.Д. Каюмовтың, Д.А. Каюмовтың, О.З. Захаровтың мақаласында капиллярлық ылғалдың тұзды топырақ тығыздығының өзгеруіне әсері туралы зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген [8]. Суға қаныққан кезде тұзды топырақтың кеуектілігінің артуы топырақтың бастапқы тығыздығы мен тұздану сипатына байланысты екендігі анықталды. Зерттеулер көрсеткендей: топырақтың бастапқы тығыздығы оның максималды тығыздығына неғұрлым жақын болса, судың капиллярлық көтерілуінің биіктігі соғұрлым аз болады. Максималды молекулалық ылғал сыйымдылығына тең оңтайлы ылғалдылығы бар тұзды топырақтар тығыздалуға ұшырамайды.

Қазіргі уақытта құрылыс мақсатында тұзданған топырақты зерттеу, көп қырлы және терең қарауды қажет етеді. Мұнда тұзданған топырақтағы инженерлік құрылыстардың іргетасындағы сүзу процестерін зерттеу және суландыру кезінде қысыла алатын қалыңдықтың параметрлерінің өзгеруі сияқты аспектілерге назар аудару қажет.

Өртүрлі генездегі тұзданған топырақтарды зерттеу кезінде қосымша қиындықтар туындайды, өйткені тұздар топырақта жеке қосындылар, тамырлар, қабаттар, кристалдар және өртүрлі концентрациядағы тұз ерітінділері түрінде болуы мүмкін. Мұндай мәселелер Қазақстанның жекелеген аймақтарындағы тұзданған топырақтарды мақсатты түрде зерттеу қажеттілігін айқындай түседі.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Тұзданған топырақтардың су өткізгіштігі және сүзу сипаттамаларының суффозиялық процестер нәтижесінде өзгеруі инженерлік құрылыстардың сенімділігін бағалауда маңызды рөл атқарады. Тұзданған топырақтардың сүзу қасиеттері және олардың көрсеткіштері әрдайым жер құрылыстарының сенімділігі мен беріктігін есептеуде қолданылады.

Зерттеудің мақсаты – тұзданған топырақтардың сүзу сипаттамаларын және оларды инженерлік құрылыстардың (топырақ бөгеттері, дамбалар, жол құрылыстары және т.б.) негізі ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу.

Зерттелетін құмдардың гранулометриялық құрамы МС 2536-2014 бойынша анықталды. Біздің зерттеулерімізде алдын ала тұзсыздандырылған (толық тұздануға ұшыраған) гипстелген шаңды құмның гранулометриялық құрамы елек әдісімен анықталды, содан кейін сумен жуылды. Алдын ала алынған үлгіні електен өткізгеннен кейін $g_i = 100$ гр., електегі тұзсыздандырылған құм (ұяшықтардың өлшемдері 0,10 мм) електе қалған бөлшектердің салмағын анықтады $g_f = 64$ гр. $A_i = g_f/g_i \times 100\%$ формуласы бойынша, фракциялардың пайыздық мөлшерін анықтады, мөлшері 0,1 мм-ден асады. A_i мәні $64\% < 75\%$ құрады, бұл зерттелетін топырақты шаңды құмдарға жатқызуға мүмкіндік берді.

Сынақтар құрамында 5%-дан 9%-ға дейінгі тұздары бар бұзылған құрылымның гипстелген шаңды құмдарының үлгілерінде жүргізілді. Зерттеу үшін алдын-ала дайындалған топырақ үлгілері қолданылды. Зерттелген топырақтың физикалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Зерттелген топырақтардың физикалық қасиеттері

Топырақ түрі	Тұз мөлшері, %	Құрғақ топырақтың көлемдік массасы, γ_s , г/см ³	Топырақ бөлшектерінің тығыздығы, γ , г/см ³	Топырақтың кеуектілік коэффициенті, e	Топырақтың сүзу коэффициенті, K_f , см/сек
Шаңды гипстелген құм	5	1,60	2,67	0,80	10^{-3}
Шаңды гипстелген құм	7	1,60	2,67	0,80	10^{-3}
Шаңды гипстелген құм	9	1,61	2,67	0,79	10^{-3}

Шаңды құм үлгілеріне сүзу сынақтарын жүргізгеннен кейін A_i мәні шамалы өзгерді. 0,1 мм A_i -ден үлкен фракциялардың мөлшері 63% құрады.

Жалпы ережелер. Сүзу коэффициенті K_f мәні берілген тығыздықтағы бұзылған құрылымды үлгілерде анықталды. Топырақ үлгілерін $\pm 0,01$ г дәлдігі бар зертханалық таразыларда өлшеді.

Құмды топырақтардың K_f мәнін алдын ала орнатылған ең жоғары тығыздық және оңтайлы ылғалдылық көрсеткіштері бар бұзылған құрылымды топырақ үлгілерінде анықтады. Шаңды құмдардың K_f мәні тұрақты градиенттік қысымда, топырақ үлгісін төменнен жоғары қарай толық қанықтырып, суды төменнен жоғары жіберу арқылы анықталды. Топырақ үлгілерін қанықтыру және сүзу үшін дистилденген су пайдаланылды.

Тұрақты қысым градиенті жағдайында (тұрақты сүзу режимі) шаңды құмдардың сүзу қасиеттерін анықтау үшін құмды және сазды топырақтардың K_f мәнін анықтайтын МС 25584-2023 стандартына сәйкес компрессиялық-сүзу ПКФ-01 құрылғысы қолданылды.

5-9% гипс мөлшері бар тұзданған құмдардың ұзақ уақыт бойы сіңдірілуі және сүзілуі бойынша зертханалық компрессиялық-сүзу сынақтары ПКФ-01 құрылғысында жүргізілді. Топырақ үлгілері арқылы жоғарыдан төменге бағытталған су ағынымен сіңдіріліп, сүзілгеннен кейін фильтраттар алынды.

Компрессиялық сүзу сынақтары кезінде зерттелетін топырақтардың суффузиялық қысылуына әртүрлі факторлардың әсері зерттелді.

Ұзақ уақыт бойы топырақ үлгілерінің кеуектері арқылы судың сүзгіленуі кезінде химиялық суффузия (тұздардың біртіндеп еріп, сыртқа шығуы) жүреді, бұл кеуектіліктің артуына және, сәйкесінше, топырақтың қысым әсерінен суффузиялық қысылуына әкеледі. Компрессиялық-сүзу сынақтары кезінде топырақ үлгілерін тұзсыздандыру ұзақ уақытты қажет ететін процесс болып табылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеулер көрсеткендей, сыртқы жағдайлар бірдей болған жағдайда, тұзсыздандыру уақыты топырақтың сүзу қасиеттеріне тікелей байланысты. Шаңды құмдардың тұзсыздандыру ұзақтығы құмды сазға қарағанда 1,3-1,6 есе, ал саздақтарға қарағанда 3-4 есе қысқа екені анықталды. Топырақ үлгілерін

толық тұзсыздандыру ұзақтығы және, сәйкесінше, суффозиялық деформациялардың даму уақыты P және d_0 мәндерінің ұлғаюымен артады. Сондай-ақ тұзсыздандыру ұзақтығы мен кейінгі суффозиялық деформацияларға қысым градиентінің J мәні де әсер етеді, бірақ P мәні J -ге байланысты емес.

Әртүрлі қысым градиенттерінде J шанды гипстелген құмдармен жүргізілген сынақтар J мәнінен тәуелсіз түрде, бірдей d_0 және P мәндеріндегі топырақтар үшін деформация мәндері іс жүзінде бірдей болатынын көрсетті. Суффозиялық қысылудың шартты тұрақтануы қысым градиенті J минималды болғанда тезірек, ал J жоғары мәнінде ұзақ болды. Сондықтан сынақтар шамамен 15-20 болатын қысым градиентінің жоғары мәндерінде жүргізілді. Сынақ кезінде механикалық суффозия алынып тасталды.

Компрессиялық-сүзу сынақтары кезінде, қысым градиентінің осындай жоғары мәндерінде де, гипстелген құмдардағы суффозиялық деформациялардың ұзақтығы 6 күннен 57 күнге дейін болды (2-кесте).

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері t сынақтарының ұзақтығы тұздану процесінде K_f сүзу коэффициентінің мәнінің өзгеруіне әсер етпейтінін көрсетті.

Кесте 2

Гипстелген шанды құмдарды толық тұзсыздандыру уақыты гипс мөлшеріне байланысты әртүрлі қысымдарда P және қысым градиенттерінде $J = 15$ и $J = 20$ жүргізілді

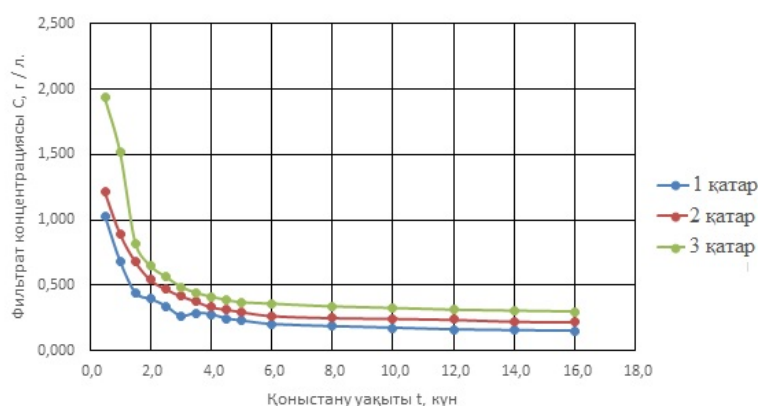
Қысым P , МПа	Қысым градиенті, J	Гипс мөлшері d_0 , % болғанда толық тұзсыздандыру уақыты t , тәулік		
		$d_0 = 5\%$	$d_0 = 7\%$	$d_0 = 9\%$
0,1	15	9,5	12,0	15,0
	20	6,0	7,5	8,5
0,25	15	24,0	31,0	39,5
	20	14,0	17,0	21,0
0,4	15	47,0	53,0	57,0
	20	22,0	29,5	29,5

Сынақтар барысында гипстелген шанды құмдардағы тұзсыздандыру процесіне ерекше назар аударылды. Сынақтың белгілі бір кезеңдерінде, белгіленген уақыт аралықтарында, топырақ үлгісінен өткен судың үлгілері алынып, гипс мөлшері әртүрлі шанды құмдар үшін фильтрат концентрациясы C өлшенді (3-кесте).

Кесте 3

Гипстелген шанды құмдар үшін фильтрат концентрациясының C тұзсыздандыру уақыты t

Құмдағы гипс мөлшері, d_0 , %	Фильтрат концентрациясы C , г / л t уақыты, тәулік													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
5%	1,032	0,684	0,443	0,396	0,342	0,266	0,278	0,231	0,204	0,187	0,175	0,162	0,156	0,152
7%	1,211	0,892	0,681	0,542	0,472	0,419	0,334	0,298	0,268	0,252	0,247	0,239	0,224	0,220
9%	1,634	1,514	0,822	0,647	0,565	0,488	0,411	0,370	0,358	0,337	0,325	0,312	0,305	0,298



1-катар – $d_0=5\%$, 2-катар – $d_0=7\%$, 3-катар – $d_0=9\%$.

Сурет 1. Гипс мөлшері d_0 бар шанды құмдардағы фильтрат концентрациясының C уақыт бойынша t өзгеруінің графигі

Фильтрация процесінің алғашқы 2-4 күнінде фильтрация коэффициентінің K_f айтарлықтай төмендеуі байқалды. K_f төмендеуі, негізінен, қысым градиенті J жоғары болғанда топырақ үлгісі арқылы судың көп мөлшері өтетіндігімен түсіндіріледі. Мұндай көлемдегі су, оңай еритін тұздар мен гипстің тез еруіне және олардың топырақ кеуектерінен шығуына себеп болады. Нәтижесінде, топырақтың кеуектілігі айтарлықтай артып, кейіннен тығыздалады, бұл кеуектіліктің төмендеуіне ықпал етеді. Алғашқы 2-6 күндегі гипстелген шанды құмдардың K_f төмендеуі суффозиялық қысылудың жылдамдауын көрсетеді.

Құм үлгілері арқылы судың ары қарай сүзгіленуі кезінде 1-ден 5 күнге дейінгі аралықта K_f коэффициенті артады. Зерттеулер көрсеткендей, сүзу процесінде тұзсыздандырудың осы кезеңіндегі ең үлкен K_f мәндері, сүзу сынақтардың алғашқы күндеріне қарағанда төмен. Бұл топырақтың кеуектілігі алғашқы күндерге қарағанда төмен болғандығымен түсіндіріледі. Осы уақыт аралығында суффозиялық деформациялардың төмендеуі байқалады.

Судың әрі қарай фильтрациялануы топырақтың біртіндеп тұзсыздануына әкеледі және деформациялармен бірге жүреді, нәтижесінде K_f коэффициентінің төмендеуі орын алады. Топырақтың фильтрациялық қабілетінің тұрақтануы суффозиялық қысылудың шартты тұрақтануымен қатар белгіленеді. Гипс мөлшері төмен топырақтарда фильтрация коэффициентінің K_f тұрақтануы тезірек болады, және мұндай топырақтардың тұзсыздану уақыты гипс мөлшері жоғары топырақтарға қарағанда аз болады.

Зерттеулер көрсеткендей, гипстелген шанды құмдарды тұзсыздандыру кезінде қысым градиенті ($J \leq 15$) болғанда K_f мәні баяу өзгереді. Тұзсыздану төмен жылдамдықта жүргенде K_f мәнінің біртіндеп азаюы байқалады. Кейіннен K_f мәнінің шамалы өсуі және содан кейін оның тұрақтануы байқалады.

Зерттеу нәтижелері бойынша гипстелген шанды құмдарды орналастыру кезінде оның физикалық қасиеттері өзгереді.

Тұздардың шайылуы процесінде бөлшектердің дисперстігі артуымен қатар гранулометриялық құрамның аздап өзгеруі байқалды.

Бұл топырақтың тұздану процесінде ұсақ бөлшектер санының азаюына байланысты. Бұл топырақ тұзданғанда ұсақ бөлшектердің ұсақ агрегаттарға коагуляциялануына байланысты олардың санының азаятындығын көрсетеді. Дегенмен, тұздармен қалыптасқан агрегаттар мықты емес және тұздар алынып тасталғанда олар ұсақ бөлшектерге ыдырап, топырақтың дисперстілігін арттырады.

Үлгілердің құрғақ топырақ тығыздығының γ аздап төмендеуі де сұзу сәтінен топырақтың толық тұзсыздануына дейін байқалды, ол $P = 0,1-0,4$ МПа жүктеме кезінде гипс мөлшері d_0 5%-дан 9-ға дейін. 3%-дан аспады. Яғни, топырақ сығымдалған кезде сұзу кезінде алынған тұздардың көлемі дерлік құм бөлшектерімен ауыстырылады. Бұл факторды гипспен сыланған құмдардың суффузиялық деформацияларын есептеу үшін қолдануға болады.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша:

1. Суффузиялық деформация процесінің ұзақтығы гидравликалық қысым градиентіне байланысты және 6-дан 57 күнге дейін созылады.

2. Сұзу жылдамдығы гипстелген шанды құмдардың соңғы деформацияларының мөлшеріне әсер етпейді.

3. Гипстелген шанды құмдардың суффузиялық деформацияларын есептеу кезінде химиялық суффузия нәтижесінде алынған алмастыру факторын, ұсақ және шанды құм бөлшектерімен тұздарды ескеру қажет.

4. Жобалау кезінде сұзу процесінде тұздалған шанды құмдардың сипаттамаларының өзгеруі топырақтағы тез еритін және орташа еритін тұздардың мөлшері мен сапалық құрамына байланысты екенін ескеру қажет.

5. Жүргізілген зерттеулердің талдауы көрсеткендей, жер құрылыстарының түбіндегі тұздардың рұқсат етілген құрамының негізгі көрсеткіші тек тұздану дәрежесі деп саналмауы керек. Сіндіру және шаймалау кезінде шанды құмдардың су-химиялық, сұзу және физика-механикалық сипаттамаларының көрсеткіштерін өзгерту маңызды критерий болып табылады.

6. Тұзды топырақтардағы жер инженерлік құрылыстарын (автомобиль және теміржол, басқа көлік коммуникациялары, гидротехникалық құрылыстар және т. б.) есептеу және жобалау екі негізгі кезеңнен тұруы керек:

– топырақты сумен қанықтыру кезінде беріктік пен деформациялық қасиеттердің төмендеуінің негізгі көрсеткіштері мен сипатын анықтау, содан кейін суды ұзақ уақыт сұзу нәтижесінде шаймалау;

– су басу кезінде жер төсемінің сенімділігін қамтамасыз ететін іс-шаралар кешенін ұйымдастыру.

Суды сұзу кезінде гипстелген шанды құмдардың таралуы топырақтың физикалық қасиеттерінің өзгеруіне, соның ішінде дисперсияның жоғарылауына және құрғақ топырақтың тығыздығының аздап төмендеуіне әкеледі. Суффузиялық қысу процесі топырақтың сұзу қасиеттеріне әсер етеді және бұл өзгерістерді суффузиялық деформацияларды есептеу кезінде ескеруге болады. Қысым градиенті мен гипс құрамының сұзу мен суффузиялық қысуға әсері нақты жұмыс жағдайында тұзды топырақтың әрекетін болжау үшін маңызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Абелев, М.Ю. Методы строительства промышленных и гражданских сооружений на засоленных грунтах [Текст]: учебное пособие / М.Ю. Абелев, И.В. Аверин, Д.Ю. Чунюк, А.А. Алмазов. – Москва: АСВ, 2024. – 182 с.

2. Абелев, М.Ю. Строительство на засоленных грунтах [Текст] / М.Ю. Абелев, У.Р. Джумашев. – М.: МИСИ, 1978. – 248 с.
3. Джумашев, У.Р. Особенности устройства оснований и фундаментов промышленных и гражданских сооружений на засоленных грунтах [Текст]: монография / У.Р. Джумашев. – Москва, 1982. – 188 с.
4. Кусбекова М.Б. Компрессионно-фильтрационные испытания засоленных грунтов [Текст] / М.Б. Кусбекова, З.М. Жамбакина, М.Б. Пермяков // Журнал Проблемы современной науки и образования. – 2017. – №14 (96). – С. 6-8.
5. Бакенов, Б.Б. Изменение проницаемости засоленного грунта при фильтрации воды [Текст] / Б.Б. Бакенов, И.А.Свешников // Сборник научных трудов областной конференции. – г. Караганда, 1981. – С. 30-31.
6. Худайкулов Р.М. Оценка влияния фильтрационного выщелачивания на свойства засоленных грунтов оснований земляного полотна [Текст] / Р.М. Худайкулов, А.Д. Каюмов, О.З. Зафаров // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». – г. Оренбург, 2020. – С. 423-430.
7. Павилонский, В.М. Исследование изменения фильтрационных свойств загипсованных грунтов в процессе длительной фильтрации воды [Текст] / В.М. Павилонский, А.А. Курбанов // Труды института ВНИИ ВОДГЕО. – 1979. – Вып.74. – С. 142-153.
8. Каюмов А.Д. Изучение влияния капиллярного увлажнения на плотность засоленных грунтов [Текст] / А.Д. Каюмов, Д.А. Каюмов, О.З. Зафаров // Журнал «Актуальные научные исследования в современном мире». – 2019. – № 1-2 (45). – С. 119-124.

Материал редакцияга 25.02.25 түсті, 23.05.25 қабылданды.

**М.О. Иманов¹, К.А. Абдрахманова¹,
А.А. Абдрахманова¹, Ш.Б. Толеубаева², И.Б. Ташмуханбетова³**

¹*Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова,
г. Караганда, Казахстан*

²*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан*

³*Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Казахстан*

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗАГИПСОВАННЫХ ПЫЛЕВАТЫХ ПЕСКОВ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОДТОПЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются фильтрационные свойства загипсованных пылеватых песков грунтовых сооружений, расположенных в условиях подтопления. Особое внимание уделено влиянию гипса на характеристики фильтрации в условиях повышенной влажности и насыщения водой. Описаны методы лабораторных испытаний, проведенных для оценки изменения проницаемости песков после применения гипса, а также влияние подтапливающих вод на поведение фильтрационных процессов. Результаты показали, что загипсованные пылеватые пески характеризуются улучшенной устойчивостью к подтоплению, что обусловлено образованием твердых соединений гипса, снижающих подвижность частиц и улучшая стабильность структуры. В статье также представлены рекомендации по использованию гипса в качестве добавки для повышения эффективности грунтовых сооружений в условиях гидрогеологических рисков, таких как подтопления и повышенная водонасыщенность.

Ключевые слова: фильтрация, гипсовые пыльные пески, проницаемость, стабильность почвы, грунтовые воды.

M.O. Imanov¹, K.A. Abdrakhmanova¹,
A.A. Abdrakhmanova¹, Sh.B. Toleubayeva², I.B. Tashmukhanbetova³

¹*Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

²*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

³*International educational corporation, Almaty, Kazakhstan*

FILTRATION PROPERTIES OF GYPSUM-PACKED POWDERY SANDS OF UNDERGROUND STRUCTURES IN CONDITIONS OF FLOODING

Abstract. The article examines the filtration properties of gypsum-treated silty sands in soil structures located in flood-prone areas. Special attention is given to the impact of gypsum on filtration characteristics under conditions of high humidity and water saturation. The methods of laboratory testing are described, aimed at assessing the changes in permeability of sands after gypsum application, as well as the influence of rising groundwater on the behavior of filtration processes. The results showed that gypsum-treated silty sands exhibit improved resistance to flooding due to the formation of stable gypsum compounds that reduce particle mobility and enhance structural stability. The article also provides recommendations for using gypsum as an additive to improve the performance of soil structures.

Keywords: filtration, plastered dust sands, permeability, soil stability, ground water.

References

1. Abelev M.YU., Averin I.V., Chunyuk D.YU., Almazov A.A. Metody stroitel'stva promyshlennyykh i grazhdanskikh sooruzheniy na zasolennykh gruntakh [Methods of construction of industrial and civil structures on saline soils]: textbook. – Moscow: ASV, 2024. – 182 p. [in Russian].
2. Abelev M.YU., Dzhumashev U.R. Stroitel'stvo na zasolennykh gruntakh [Construction on saline soils]. – Moscow: MISI, 1978. – 248 p. [in Russian].
3. Dzhumashev, U.R. Osobennosti ustroystva osnovaniy i fundamentov promyshlennyykh i grazhdanskikh sooruzheniy na zasolennykh gruntakh [Features of the device of foundations and foundations of industrial and civil structures on saline soils]: monograph. – Moscow, 1982. – 188 p. [in Russian].
4. Kusbekova M.B., Zhambakina Z.M., Permyakov M.B. Kompresionno-fil'tratsionnyye ispytaniya zasolennykh gruntov [Compression and filtration tests of saline soils] // Journal of Problems of Modern Science and Education. – 2017. – No. 14 (96). – P. 6-8. [in Russian].
5. Bakenov B.B., Sveshnikov I.A. Izmeneniye pronitsayemosti zasolennogo grunta pri fil'tratsii vody [Change in the permeability of saline soil during water filtration] // Collection of scientific papers of the regional conference. – Karaganda, 1981. – P. 30-31. [in Russian].
6. Khudaykulov R.M., Kayumov A.D., Zafarov O.Z. Otsenka vliyaniya fil'tratsionnogo vyshchelachivaniya na svoystva zasolennykh gruntov osnovaniy zemlyanogo polotna [Assessment of the influence of filtration leaching on the properties of saline soils of subgrade foundations] // Proceedings of the All-Russian scientific and methodological conference «Universitetskiy kompleks kak regional'nyy tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury» ["University complex as a regional center of education, science and culture"]. – Orenburg, 2020. – P. 423-430. [in Russian].
7. Pavilonskiy V.M., Kurbanov A.A. Issledovaniye izmeneniya fil'tratsionnykh svoystv zagipsovannykh gruntov v protsesse dlitel'noy fil'tratsii vody [Study of changes in the filtration properties of gypsum-coated soils during long-term water filtration] // Proceedings of the Institute VNII VODGEO. – 1979. – Issue 74. – P. 142-153. [in Russian].
8. Kayumov A.D., Kayumov D.A., Zafarov O.Z. Izucheniye vliyaniya kapilyarnogo uvlazhneniya na plotnost' zasolennykh gruntov [Study of the effect of capillary moistening on the density of saline soils] // Journal "Current scientific research in the modern world". – 2019. – No. 1-2 (45). – P. 119-124. [in Russian].