



ХҒТАР 67.13.29
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-152-3-51-64>

Су басу жағдайындағы жер құрылыстарының тұзды топырақтарының беріктік қасиеттері

М.Ө. Иманов ^{ID} 1, Т.Болотбек ^{ID} 2, К.А. Абдрахманова ^{ID} 1
А.Т.Мухамеджанова ^{ID} 3, А. А. Абдрахманова ^{ID} *1

¹ Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ, Қарағанды, Қазақстан

² И.Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік техникалық университеті, Бішкек, Қырғызстан

³ Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан

E mail: aardasha@list.ru

Аңдатпа. «Су басу жағдайларында жер құрылыстарының тұзды топырағының беріктік қасиеттері» мақаласында ішінара немесе толық су басу жағдайларында тұздануға ұшыраған топырақтың беріктік сипаттамаларының өзгерістері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі су басу жағдайларында жер құрылыстарында қолданылатын топырақтың беріктік сипаттамаларына тұзды еріткіштердің әсерін бағалау, мақсаты олардың механикалық тәртібінің ерекшеліктерін айқындау және судың әсер етуі және химиялық өзгеретін әсерлер жағдайларында осындай құрылыстардың орнықтылығын арттыру үшін ұсыныстар әзірлеу болып табылады. Атап айтқанда, тұздардың сумен әрекеттесуіне және топырақ құрылымының өзгеруіне баса назар аударылған, бұл ғимараттардың беріктігінің және тұрақтылығының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Автор сондай-ақ тұзды және су басатын аудандардағы жер конструкцияларын жобалау және нығайту бойынша практикалық ұсыныстарды талқылайды. Қорытындысында, мақала құрылыс жұмыстарын жоспарлау және су басудан қорғау жүйелерін құру кезінде тұзды топырақтың беріктік қасиеттерін есепке алу қажеттілігін атап көрсетеді, оның инфрақұрылымның ұзақ мерзімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды мәні бар.

Түйін сөздер: тұзды топырақ, сазды топырақ, топырақтың сығылуы, топырақтың физика-механикалық қасиеттері, топырақтың функционалдық өзгерістері, құрылымдық өзгерістер, тығыздау процестері.

Кіріспе

Тұзды топырақта инженерлік жер құрылыстарын салу проблемасы автомобиль және темір жолдарының, көпірлердің, туннельдердің, сондай-ақ осы топырақ аса көп кездесетін еліміздің құрғақ өңірлерінде әртүрлі гидротехникалық және гидромелиорациялық құрылыстардың (бөгеттердің, дамбалардың, су қоймаларының) қарқынды салынуына байланысты әсіресе қазіргі уақытта өзекті болып тұр. Қазақстанның осы аудандарында мұндай объектілерді салу үшін тұзды топырақты кешенді зерттеу қажет.

Қазіргі уақытта, Қазақстанның ірі өңірлерінде, оның ішінде тұзды топырақпен жиналған аумақтарда болып жатқан қатты тасқындарға және селдерге байланысты, су басқан жерлердің гидрогеологиялық құрылымында елеулі өзгерістер болуы мүмкін. Бұл өз кезегінде тау жыныстарының құрылымында, әсіресе су басқан аумақтардың тұзды топырағы үшін түбегейлі өзгерістерге әкелуі мүмкін. Сондықтан, судың ұзақ және ауқымды әсер етуі жағдайларында тұзды топырақтың беріктік қасиеттерінің өзгеруін зерттеу проблемасы біздің уақытымызда ерекше өзекті болып отыр.

Ахмедов М.А., Салямова К.Д. өз жұмысында гидротехникалық құрылыстар немесе олардың құрама бөліктері зақымдануы немесе толық бұзылуы орын алғанда, ол кезде су шаруашылығының инженерлік объектілерінде әртүрлі апаттық жағдайлар туындаған оқиғалар мысалдарын келтіреді. Өзбекстан Республикасының гидротехникалық құрылыстар кешенінің техникалық жағдайына талдау жүргізілген, су шаруашылығы объектілерінің апаттық зақымдануының негізгі себептері көрсетілген. Гидротехникалық құрылыстарды пайдалану кезінде апаттық жағдайларды болдырмау үшін халықаралық практикадан алынған ұсыныстар келтіріледі. Жұмыста гидротехникалық объектілердің тіреу құрылыстарының соңғы 40-50 жылда зақымдану мен бұзылу себептеріне талдау берілген [1]. Тиісті инфрақұрылымды құру арқылы топырақ дамбаларын, бөгеттерді және басқа да гидротехникалық құрылыстарды жобалау үшін тұзды топырақты арнайы зерттеулер, сондай-ақ мұнай-газ кен орындарын, әсіресе теңіздердің, су қоймаларының және тұзды топырақпен жиналған басқа су айдындарының жағалаудағы аймақтарында игеру кезінде қажет.

Тұзды топырақтың ерекшеліктерін ескере отырып, қасиеттерін зерделеу бойынша жүргізілген зерттеулер санының көптігіне қарамастан, мұндай топырақтың сипаттамалары өзгеруінің жалпы заңдылықтарын анықтау мүмкін болмады. Бұл осы зерттеулердің әртүрлі өңірлердің тұзды топырақтары, әртүрлі генезисті топырақтар үшін жүргізілгендігімен түсіндіріледі. Бұдан тұзды топырақтың физикалық, деформациялық, беріктік және сүзу қасиеттерін зерттеудің, суда еритін тұздардың еру және шығару процесінде олардың сипаттамаларының өзгеруін зерделеудің өзекті міндет болып табылатыны шығады.

Өз жұмысында (авторлар М.Ю. Абелев, И.В. Аверин, Д.Ю. Чунюк, А.А. Алмазов) [2] өнеркәсіптік және азаматтық құрылыстарды салудың негізі ретінде тұзды топырақты пайдалану ерекшеліктерін зерттеді. Тұзды топырақтың генезисі, олардың құрамы және осындай топырақпен жиналған негізгі алаңдардың таралу облысы зерделенген. Тұзды топырақтың аз ылғалды және сумен қаныққан күйдегі қасиеттерінің ерекшеліктері қарастырылады. Мұндай топырақты тығыздау мәселелері зерттелген, инженерлік геологиялық іздеулер жүргізу, өнеркәсіптік және азаматтық құрылыстар салу ерекшеліктері туралы мәліметтер келтірілген. Тұзды топырақты техникалық мелиорациялаудың жаңа технологиялары және тұзды топырақтың жасанды негіздерін

құрудың заманауи әдістері әзірленген.

Топырақ құрамындағы суда еритін тұздар олардың беріктік қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Тұзды топырақтан жасалған құрылыстардың негіздері пайдалану процесінде көбінесе жер асты және/немесе тасқын сулардың әсеріне ұшырайды, нәтижесінде кейіннен тұздардың еруімен және шығарылуымен (суффозиясымен) топырақтың минералды бөлшектері арасындағы тұз байланыстары әлсірейді. Бұл топырақтың кеуектілігінің ұлғаюына әкеледі. Жүктеме астындағы тұзды топырақтың кеуектілігінің ұлғаюы көбінесе қосымша (суффозиялық) шөгіндімен бірге жүреді.

Топырақтың құрамындағы тұздардың сапалық құрамы мен мөлшері тұзды топырақтың беріктік сипаттамаларына әртүрлі әсер ететіні анықталды. Кейіннен тұздардың еруімен және шығуымен топырақ саңылаулары арқылы суды сүзу кезінде осы топырақтың беріктік қасиеттері өзгереді. В.С. Вискребенцевтің [3] жұмысында тұзды сары топырақтың (құмдақтар мен саздақтардың) химиялық суффозиясы процесінде олардың сүзу, деформациялық және беріктік сипаттамалары өзгертінді анықталды. Сондай-ақ сілтісіздендіру топырақтағы тұздардың мөлшері мен сапалық құрамының, гранулометриялық құрамының, меншікті салмағының кеуектілігінің өзгеруіне әкеледі. Осының салдарынан топырақ тығыздалмайды, қосымша шөгумен бірге жүреді. Топырақтың қосымша деформациялары ығысу аймақтарының пайда болуына әкеледі. Сондықтан, тұзды сары топырақтың жалпы деформациясын анықтау кезінде топырақ құрамындағы тұздардың мөлшері мен сапалық құрамын ескеру қажет.

Автор өз жұмысында [3] инженерлік-геологиялық зерттеулер жүргізу, жобалау және құрылыс жұмыстарын жүргізу кезінде, сондай-ақ инженерлік құрылыстарды пайдалану кезінде тұзды топырақтың ерекше қасиеттерін (тұздардың мөлшері мен сапалық құрамы, топырақ массивіндегі таралу түрі) ескеруді ұсынады. Жүргізілген зерттеулер нәтижелері бойынша мыналар анықталды: тұзды сары топырақта жұқа дисперсиялық карбонатты тұздардың болуы осындай топырақтың беріктік сипаттамаларының (ілінісудің, ішкі үйкеліс бұрышының) ұлғаюына ықпал етеді. Инженерлік құрылыстар негіздерін тұзды сары топырақта дайындаудың тиімді технологияларын әзірлеу үшін топырақта ғана емес, сонымен қатар сүзу сұйықтығында да тұздардың мөлшері мен сапалық құрамын ескеру қажет. Б.Б. Бакеновтың, Н.В. Бойконың, У.Р. Джумашевтің [4] еңбектерінде Қарағанды қаласының тұзды сазды топырақтарын зерттеу кезінде алдын ала тұзсыздандырудан кейінгі беріктік сипаттамалары мәндерінің айтарлықтай төмендеуі туралы деректер көрсетіледі. Егер топырақ үлгілерін табиғи ылғалдылық кезінде жылдам ығысу әдістемесі бойынша сынау кезінде ілінісу мәні 0,048 МПа тең болса, онда осы топырақты алдын ала тұзсыздандырудан кейін ілінісу 0,01 МПа құрады, ал тұзсыздандырудан кейін осы топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы 20%-ға азайды. С.Б. Ухов [5] жасанды тұзды саздақтарға зерттеулер жүргізді, олар топырақ ерітіндісіндегі тұздар концентрациясы өзгеруінің ығыстыру күшінің шамасына айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетті.

Өз зерттеулерінде В.П. Петрухин [6] тұздарды сілтісіздендіру процесінде гипстелген саздақтар мен құмдақтардың беріктігі өзгеруінің сандық заңдылықтарын анықтады. Тәжірибелер нәтижесінде топырақтан гипс тұздарын сілтісіздендіру дәрежесі жоғарылаған кезде гипстелген саздақтарды тұздау кезінде ішкі үйкеліс пен ілінісу бұрышының мәндері азаятыны алынды. Табиғи құрылымды гипстелген құмдақтардың ілінісуі елеусіз болады. Құмдақтардан тұздарды сілтісіздендіру процесінде ішкі үйкеліс бұрышы жоғарылайды да, 20-30-ға азаяды, ал ілінісу мәні нөлге тең болады.

Тез еритін тұздармен және гипспен жасанды және табиғи тұздалған тұзды құмдар мен құмдақтардың беріктік сипаттамаларын зерттеу кезінде, түрде, А.А. Курбанов [7] гипстің құрамы 10-дан 50%-ға дейін ұлғайған кезде, жасанды тұздалған құмдақта ығыстырушы күш шамасы – 1,8-2 есе, ішкі үйкеліс бұрышының мәні – 50%-ға, ал ілінісу 2 есе артатынын анықтады. Гипс құрамының ұлғаюымен табиғи гипстелген құмдар мен құмдақтардың ығысуына кедергі артады. Б. Рахманов, Х. Журакуловтың [8] зерттеулерінде тұзды топырақ үлгілерін шоғырландырылған кесу тәсілі пайдаланылған болатын. Ығысу сынақтарын өткізу алдында үлгілер алдын ала сумен қаныққан немесе 0,2 МПа жүктемеде сілтісіздендіруге ұшыратылған. Үлгілерді ығысуға сынау жүргізу алдында мұндай дайындық тұзды топырақтың ерекше қасиеттерінің ерекшеліктерін ескеру мақсатында жүргізілді. Сумен қанығу және сілтісіздендіру нәтижесінде тұзды топырақтың беріктігі мен физика-механикалық қасиеттерінің өзгеру сипаттамаларын анықтау үшін тұзды топырақ үлгілерін ығысуға сынақтар Н.Н. Масловтың әдістемесі бойынша жүргізілді. Тұзды топырақта сіңдіру және химиялық суффозия нәтижесінде олардың құрылымы, тұздардың сандық және сапалық құрамы, сүзу ерітіндісінің құрамы және сазды бөлшектердің мөлшері өзгереді, олардың құрамы негізінен сазды топырақтың беріктік және деформациялық қасиеттерін едәуір дәрежеде анықтайды.

Зерттеу нәтижелері бойынша сумен қанығу және химиялық суффозия процестері тұзды топырақтың ілінісуіне, шекті беріктігіне және сырғымалылығына айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Ылғалдылық, тығыздық сияқты физикалық сипаттамалар, сонымен қатар сазды топырақты сіңдіру және химиялық суффозия процесінде құрылымдық байланыстардың өзгеруі зерттелген топырақтың беріктік параметрлерінің өзгеру сипатын едәуір дәрежеде анықтайды.

Э.А. Аракелянның [9] зерттеу нәтижелері тез еритін тұздардың тұзды топырақтың беріктігіне әсері күрделі сипатта болатынын көрсетті. Бұл тұздардың түріне және тұздану түріне байланысты. Оның пайымдауынша, көп жағдайда топырақта тез еритін тұздардың болуы беріктіктің аздап жоғарылауына әкеледі. Құрылымы бұзылған гипстелген сазды топырақтың беріктігі гипстің бастапқы құрамының ұлғаюымен артады. Құрамында гипс аз құрылымы бұзылмаған топырақ үшін беріктіктің ұлғаюы байқалды, ал гипс құрамы көп құрылымы бұзылмаған топырақ үшін беріктіктің азаюы болды. Әртүрлі генезисті тұзды топырақты зерттеу кезіндегі қосымша қиындықтар топырақта тұздардың жеке қосындылар, жолақшалар, қабатшалар, друзалар және әртүрлі концентрациялы тұзды ерітінділер түрінде болуы мүмкін екендігінен туындайды. Мұндай проблемалар ғалымдар мен құрылысшылардың алдында тұрған Қазақстанның жеке өңірлерінің тұрған тұзды топырағын мақсатты түрде зерттеу қажеттілігі туралы міндеттің өзектілігін атап қана көрсетеді.

Р.М. Худайкулов [10] жүргізген зерттеулер нәтижелері бойынша, автомобиль жолдарының жер төсемін салу кезінде тұзды топырақтың (тұзды батпақтың) ылғалдылығы параметрлерінің, беріктігі мен суффозиялық сығылғыштығы сипаттамаларының әсерін ескеру қажет екендігі анықталды. Автор әртүрлі сындарлы шешімдерді пайдалану жолымен автомобиль жолының жер төсемінің жоғарғы бөлігін ылғалдың әсерінен қорғау бойынша жұмыстар жүргізуді ұсынады. Осындай шешімдердің бірі топырақ төсемі үйіндісінің жотасы биіктігінің топырақ (беттік) сулар деңгейінен нормативтік биіктіктен 20%-ға жоғары және тұздану дәрежесіне және пайдаланылатын топырақ түріне байланысты одан да көп ұлғаюын болжайды. Сондай-ақ қалыңдығы 20 см-

ге дейін қиыршық тастан тұратын қабаттарды немесе битуммен араласқан топырақ қабаттарын (қалыңдығы 5 см) пайдалану ұсынылады. Көлденең профильдердің, науалардың, бермдердің құрылғысы бойынша жұмыстар да автожолдың жер төсемінен суды бұруды жақсартуға ықпал ететін болады. Мұндай сындарлы шешімдерді дұрыс таңдау және нақты орындау автожолдар мен басқа да көлік құрылыстарының топырақты негізінің серпімділік модулін арттыруға ықпал етеді.

Әдіснама

Топырақтың ығысуға қарсылығы топырақтың ең маңызды беріктік сипаттамаларының бірі болып табылады, оның көрсеткіштері беткейлердің орнықтылығын бағалау кезінде және инженерлік жер ғимараттары беріктігін басқа есептеулерде кеңінен пайдаланылады. Зерттеулердің мақсаты – тұзды топырақтың беріктік сипаттамаларын зерделеу және мұндай топырақты инженерлік жер ғимараттары (соның ішінде осы ғимараттардың негіздері) ретінде пайдалану мүмкіндігін анықтау.

Эксперименттер құрамында 5%-дан 24%-ға дейін тұз болатын құрылымы бұзылған тұзды топырақта жүргізілді.



1-сурет. Кесу жазықтығы бекітілген Гидрожоба модификациясындағы
Маслов-Лурье бір жазықтықты кесу аспабы

Ылғалдылық деңгейі әр түрлі топырақпен жүргізілген осы зерттеулерде тұзды топырақтағы су ерітіндісінің топырақтың ығысуға қарсылығына әсері анықталды. Берілген ылғалдылық кезінде ығысуға кедергінің өзгеруі бірдей тік қысым болғанда сіңдіру дәрежесі әртүрлі тұзды топырақ үлгілері бар тәжірибелер циклін жүргізген соң анықталды. Ығысуға кедергіні тұзды топырақтың алдын ала дайындалған үлгілері (аяқталған тығыздау) үшін кесу жазықтығы бекітілген (1-сурет)

Гидрожоба модификациясындағы (ГГП-30) Маслов-Лурье бір жазықтықты кесу аспаптарында жүзеге асырылды. Топырақ үлгісін дайындау алдын ала тығыздау аспабында жүргізілді. Ығысу 0,05 мм/мин жылдамдықпен тоқтамайтын деформация жағдайларында жүргізілді. Тығыздаушы жүктемелер үш үлгіден кем емес тығыздаушы

жүктеменің әрбір сатысы үшін сынаудың қайталануымен 0,2; 0,4 және 0,8 кгс/см²-ге тең етіп тағайындалды. Сынақтар үшін кесектерінің (бөлшектерінің) ірілігі 3 мм-ден артық емес құрылымы бұзылған тұзды топырақтың алдын ала дайындалған үлгілері пайдаланылды (1-кесте). Тәжірибелерде диаметрі 70 мм және биіктігі 24 мм кем емес цилиндр пішінді тұзды топырақ үлгілері пайдаланылды.

Топырақ үлгілерін тез шоғырландырылмаған (құрғатылмаған) ығысу сұлбасы бойынша сынады. Бұл ретте Маслов-Лурье аспаптары үшін ығысу уақыты 1-1,5 минуттан аспауы тиіс. Ығыстырушы жүктемені 10 секундтан артық емес сатылармен салды. Үлгінің деформациясы жүктеменің соңғы сатысын салған соң үздіксіз болған кезде ығысу аяқталды деп саналды. Ығысу аяқталған соң кесу аймағында топырақтың ылғалдылыққа сынамасын таңдап алды. Тұзды топырақ үлгілерін ығысуға кедергіге сынау жүргізу алдында зерттелетін топырақтың тығыздалу дәрежесін зертханалық жағдайларда анықтады.

Топырақтың талап етілетін тығыздығын ү зертханалық жағдайларда оңтайлы ылғалдылық болғанда максимум тығыздыққа үмакс. байланысты анықтады. Топырақтың тығыздалу дәрежесін «СоюздорНИИ» шағын стандартты тығыздау аспабында анықтады (2-сурет). Бұл аспап алмалы-салмалы цилиндрден (көлемі 0,1 л), бекітілетін екі бұрандасы бар тіреуіштен, бағыттаушы цилиндрлік қондырмадан, плунжерден (соққы жүктемесін беру үшін), салмағы 2,5 кг гiрден, бағыттаушы өзектен, тұтқадан және қосымша беттен тұрады. Ығысуға кедергіге сынау үшін топырақ үлгілерін тығыздық пен ылғалдылық берілген кезде құрамында бастапқы тұзы бар монолиттерден дайындады.



2-сурет. СОЮЗДОРНИИ шағын стандартты тығыздау аспабы (ШТА)

Зерттелген үлгілер үшін ығысуға кедергіні 1,0, 2,0, 3,0 кг/см² үш тік жүктеме болғанда сумен толық қаныққан кезде анықтады. Тығыздық шамасын максимум тығыздық мәнін ұтах тығыздау коэффициентіне $K_{тығ.}$ көбейту жолымен анықтады. Бұл коэффициентті 0,7; 0,8; 0,95; 1,0-ге тең деп алды. Дайындалған біртекті топырақ массасын ығыстыру аспабының құрсауына (сақинасына) салды, содан кейін престің астында тығыздады. Содан кейін үлгісі бар құрсауды тығыздағышқа салды және топырақтың тығыздығын ұтах x

Ктығ. тең есептік мәнге дейін 12 сағат ішінде жеткізді. Осылайша дайындалған тығыздалған үлгілерді 24 сағат ішінде толық қаныққанға дейін құрсауға суға салып қойды. Ал тығыздығы жоғары үлгілерді (Ктығ. = 1,0 болғанда) – 48 сағат ішінде. Үлгілерді суға салу үшін ауыз су пайдаланылды. Толық сумен қаныққан соң үлгілерді есептік максимум кернеуге 6 дейін тығыздады. Үлгіге жүктеме беру сатылармен жүрді. Бұл ретте жүктеменің әрбір аралық сатысын 30 минут ішінде ұстап тұрды.

Соңғы сатыны үлгі деформациясының шартты тұрақталуына дейін ұстап тұрды (12 сағат ішінде 0,01 мм-ден аспайтын қысу). Ығысуға кедергіні анықтау үшін құрсаудағы топырақ үлгісін қалыпты шешпей, тығыздағыштан дереу кесуге арналған қорапқа ауыстырды.

Содан соң үлгіні есептік мәнге 6 дейін қайта жүктеді. Сынақтар үшін үлгілерді алдын ала електен (ұяшықтардың диаметрі 3 мм) өткізілген, ұнтақталған топырақтан дайындады. Содан кейін топыраққа берілген тығыздау дәрежесі болғанда оңтайлы ылғалдылыққа қол жеткізу үшін қажетті су мөлшерін қосты.

Тік жүктемені 0,5 кг/см²-тан 2,0 кг/см² мәніне дейін сатылармен және одан әрі 1,0 кг/см²-ден сатылармен берді. Әрбір аралық сатыны – 5 минуттан, соңғыны 30 минуттан ұстап тұрды. Бұл ретте кесу қорабына су құйды.

Көлденең ығыстыру жүктемелерін сатылармен салды (6 мәнінен 5%-дан артық емес). Әрбір келесі сатыны ығысу деформацияларын шартты тұрақтандыру анықталған соң, яғни ығысу деформациясының жылдамдығы 0,01 мм/мин аспайтын болғанда салды.

Нәтижелер мен талқылау

Құрылымы бұзылған тұзды топырақ үлгілерін ығысуға 48 сынақ орындалды. Зерттеулер үшін алдын-ала дайындалған топырақ үлгілері пайдаланылды. Зерттелген топырақтың физикалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Зерттелген топырақтың физикалық қасиеттері

Топырақ түрі	Тұздардың құрамы, %	Құрғақ топырақтың көлемдік массасы ρ_s , г/см ³	Топырақ бөлшектерінің тығыздығы ρ , г/см ³	Топырақтың кеуектілік коэффициенті, е	Топырақты сүзу коэффициенті Кф, см/сек	Бір осьті қысу беріктігінің шегі, МПа	
						табиғи ылғалдылық болғанда	сумен қаныққан күйінде
Шаңдақ тұзды құм	5	1,60	2,67	0,80	10 ⁻³	0,022	-
Шаңдақ тұзды құм	9	1,61	2,67	0,79	10 ⁻³	0,024	-
Гипстелген құмдақ	15	1,41	2,75	0,92	10 ⁻⁵	1,1	0,2
Гипстелген құмдақ	21	1,37	2,76	0,98	10 ⁻⁵	1,2	0,3
Гипстелген саздақ	12	1,52	2,71	0,75	10 ⁻⁶	5,6	3,0
Гипстелген саздақ	24	1,41	2,60	0,79	10 ⁻⁵	4,8	2,0

Графиктен (3-сурет) ішкі үйкеліс бұрышы φ мен топырақтың тығыздығы (тығыздалу коэффициенті $K_{тығ.}$) арасында анық байланыс бар екені анық.

2-кесте Тұзды топырақтың максимум тығыздығы және оңтайлы ылғалдылығы (үлгілерді ығысуға сынау кезінде)

Топырақ түрі	Тұз мөлшері, %	Оңтайлы ылғалдылық, %	Құрғақ топырақтың тығыздығы, γ_s , г/см ³	Топырақтың көлемдік салмағы γ , г/см ³
Шаңдақ құм	5	7	1,60	1,72
Шаңдақ құм	9	8	1,61	1,74
Құмдақ	15	12	1,41	1,58
Құмдақ	21	14	1,37	1,56
Саздақ	12	16	1,52	1,75
Саздақ	24	19	1,41	1,68

Сынақтар нәтижесінде алынған тұзды топырақтың беріктік сипаттамаларының мәндері (ішкі үйкелу бұрышы φ және ілінісу 3-кестеде келтірілген.

Тұзды топыраққа жүргізілген ығысуға сынау нәтижелерін өңдеу кезінде зерттелетін үлгілер қаңқасының көлемдік салмағының мәні тұздардың құрамы $d_0 = 5 - 24\%$ болғанда тұрақты болатыны есепке алынды.

Топырақтың тығыздалу коэффициенті $K_{тығ.}$ артқан сайын ішкі үйкеліс бұрышының φ мәндері де артады. Тығыздалу коэффициенті $K_{тығ.} = 0,80$ болғанда шаңдақ құм үшін 5%-дан 9%-ға дейін тұз болғанда φ мәні 100-тан 120-қа дейін өзгереді. $K_{тығ.} = 0,80$ мәні болғанда, құмдақ үшін φ мәні іс жүзінде өзгеріссіз қалады, 15%-дан 21%-ға дейін тұз болғанда шамамен 120 болады. Тұздардың әр түрлі мөлшері бар зерттелетін топырақтың олардың оңтайлы ылғалдылығына максимум тығыздығын анықтау нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

3- кесте. Зерттелген топырақтың беріктік сипаттамалары

Топырақ түрі	Тұз мөлшері, %	Максимум тығыздық, γ , г/см ³ Максимум тығыздық, γ , г/см ³	Тығыздалу коэффициенті, $K_{тығ.}$	Топырақ қаңқасының көлемдік салмағы γ_s , г/см ³	Ішкі үйкеліс бұрышы, φ , дәрежесі	Ілініс u , с, г/см ³
Шаңдақ құм	5	1,72	0,80	1,38	9	0,00
			0,85	1,46	11	0,00
			0,90	1,55	14	0,00
			0,95	1,63	16	0,01
			1,00	1,72	19	0,01
Шаңдақ құм	9	1,74	0,80	1,39	10	0,00
			0,85	1,48	12	0,00
			0,90	1,57	16	0,01
			0,95	1,65	18	0,01
			1,00	1,74	23	0,02

Саздақ	12	1,75	0,80	1,40	16	0,14
			0,85	1,49	19	0,20
			0,90	1,58	22	0,28
			0,95	1,66	29	0,35
			1,00	1,75	35	0,44
Құмдақ	15	1,58	0,80	1,26	13	0,09
			0,85	1,34	16	0,12
			0,90	1,42	20	0,17
			0,95	1,50	25	0,38
			1,00	1,58	28	0,47
Құмдақ	21	1,56	0,80	1,25	12	0,10
			0,85	1,33	18	0,14
			0,90	1,40	22	0,18
			0,95	1,48	27	0,35
			1,00	1,56	29	0,48
Саздақ	24	1,68	0,80	1,34	19	0,19
			0,85	1,43	25	0,22
			0,90	1,51	29	0,28
			0,95	1,60	38	0,34
			1,00	1,68	41	0,48

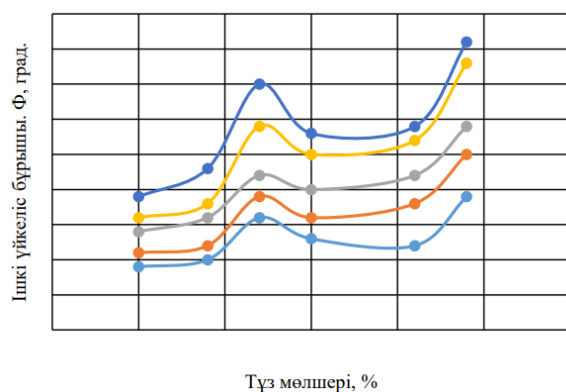
Ішкі үйкелу бұрышының φ құрамында тұздардың болуына тәуелділігі 4-кестеде келтірілген.

4- кесте.Ішкі үйкеліс бұрышының φ тұздың болуына тәуелділігі

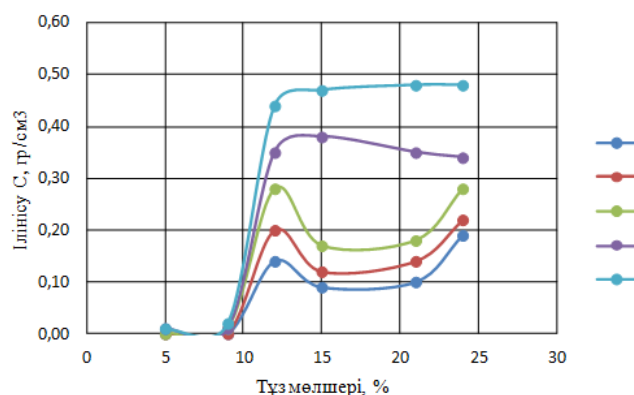
Топырақ түрі	Тұздардың құрамы, %	Тығыздау коэффициенті $K_{\text{тығ.}}$ болғандағы ішкі үйкеліс бұрышы φ				
		0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Шаңдақ құм	5	9	11	14	16	19
Шаңдақ құм	9	10	12	16	18	23
Саздақ	12	16	19	22	29	35
Құмдақ	15	13	16	20	25	28
Құмдақ	21	12	18	22	27	29
Саздақ	24	19	25	29	38	41

Ығысуға сынау нәтижелері бойынша (4-кесте) ішкі үйкеліс бұрышының φ тұздардың

пайыздық құрамына d_o тәуелділігінің графигі салынды (3-сурет).



3-сурет. Зерттелген топырақтың ішкі үйкеліс бұрышының ϕ тығыздау дәрежесі әртүрлі болғанда тұздардың пайыздық құрамына d_o байланысты өзгеру графигі,
1). $K_{тығ.}=0,80; 0,85; 0,90; 0,95; 5)$
 $K_{тығ.}=1,00$.



4-сурет. Әр түрлі тығыздалу дәрежесі болғанда тұздардың пайыздық мөлшеріне d_o байланысты зерттелген топырақтардың c ілінісуінің өзгеру графигі:
1) $K_{тығ.}=0,80; 2) K_{тығ.}=0,85; 3)$
 $K_{тығ.}=0,90; 4) K_{тығ.}=0,95; 5)$
 $K_{тығ.}=1,00$

5-кесте. c ілінісудің тұздардың бар болуына тәуелділігі

Топырақ түрі	Тұздардың бар болуы, %	Тығыздалу коэффициенті $K_{тығ.}$ болғандағы ішкі үйкеліс бұрышы ϕ				
		0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Шандақ құм	5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Шандақ құм	9	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
Саздақ	12	0,14	0,20	0,28	0,35	0,44
Құмдақ	15	0,09	0,12	0,17	0,38	0,47
Құмдақ	21	0,10	0,14	0,18	0,35	0,48
Саздақ	24	0,19	0,22	0,28	0,34	0,48

Ығысуға сынау нәтижелері бойынша (5-кесте) c ілінісудің d_o тұздарының пайыздық құрамына d_o тәуелділігі графигі салынды (4-сурет).

Қорытынды

Табиғи және құрылымы бұзылған кәдімгі тұзды емес топырақтың (құмдақтар мен саздақтардың) беріктік сипаттамаларын салыстыру топырақтың беріктігінің олардың құрылымы бұзылған кезде төмендейтінін көрсетті. Құрамында гипс тұздары бар табиғи құрылымды құмдақтар мен саздақтардың құрамында тұзы жоқ қарапайым топыраққа қарағанда беріктік сипаттамалары аса жоғары болады. Эксперименттік зерттеулер гипстелген сазды топырақтың беріктік сипаттамаларының $K_{тығ.}$ тығыздалу

коэффициентіне және топырақтағы гипс тұздарының пайыздық құрамына байланысты болатынын көрсетті. Құрылымы бұзылған гипстелген топырақ (құмдақтар және саздақтар) жоғары беріктік сипаттамаларымен ерекшеленеді. Ктығ.> 0,90 болғанда, ішкі үйкеліс бұрышының мәндері ϕ 200-тан 390-қа дейін өзгереді. Ктығ.> 0,90 болғанда, ілінісу мәндері c 0,17-ден 0,48 кгс/см²-ге дейін өзгереді. Жүргізілген зерттеулер негізінде гипстелген құмдақтар мен құрылымы бұзылған саздақтардың жоғары беріктік сипаттамаларымен ерекшеленетіні шығады. Бұл топырақ инженерлік жер ғимараттарының құрылысында толық пайдаланыла алады.

Авторлардың қосқан үлесі.

М.Ө. Иманов, Т.Болотбек – мәтінді түсіну, талдау, өңдеу, бекіту.

К.А. Абдрахманова, А.Т.Мухамеджанова – мәліметтерді жинау, визуализация, жобалау.

А. А. Абдрахманова - мәліметтерді жинау, талдау, жазу.

Әдебиеттер тізімі

1. М.А. Ахмедов, К.Д. Саямова, Анализ и оценка повреждений гидротехнических сооружений, («Fan va texnologiya», Ташкент, 2016), с.160. - монография
2. М.Ю.Абелев, И.В.Аверин, Д.Ю.Чунюк, А.А. Алмазов, Методы строительства промышленных и гражданских сооружений на засоленных грунтах, (АСВ, Москва, 2024), с.182. - книга
3. В.С. Вискребенцев, О влиянии химической суффозии на физические и деформационные свойства лессовых грунтов, (Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2016), с. 96-101. - статья
4. Б.Б.Бакенов, Н.В.Бойко, У.Р. Джумашев, Основания и фундаменты на засоленных грунтах, («Стройиздат», Москва, 1988), с.133. - статья
5. С.Б. Ухов, Искусственное засоление связных грунтов для возведения насыпей в зимнее время, (Автореферат, Москва, 1961), - автореферат
6. В.П. Петрухин, Строительство сооружений на засоленных грунтах, (Стройиздат. Москва, 1989), с.264. - книга
7. А.А. Курбанов, Исследование засоленных грунтов для строительства земляных плотин, (Автореферат, Москва. 1980), с.21. - автореферат
8. Б.Рахманов, Х.Журакулов, Изменение прочности засоленных грунтов при их выщелачивании, (Вестник ОшГУ. Ош), с. 64-75. - статья
9. Э.А. Аракелян, Особенности определения физических свойств загипсованных грунтов, (ОФМГ, Москва, 1986), с.20-21.- статья
10. Р.М. Худайкулов, Особенности учета характеристик засоленных грунтов при строительстве автомобильных дорог, (НМЖ: Проблемы современной науки и образования, Иваново, 2021), с. 17-20. -статья

**М.О.Иманов¹, Т. Болотбек², К.А. Абдрахманова¹, А.Т.Мухамеджанова³,
А.А. Абдрахманова*¹**

*¹ НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
Караганда, Казахстан*

*² Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова,
Бишкек, Кыргызстан*

³ Евразийский Национальный Университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Прочностные свойства засоленных грунтов земляных сооружений в условиях подтопления.

Аннотация. В статье «Прочностные свойства засоленных грунтов земляных сооружений в условиях подтопления» рассматривается изменение прочностных характеристик грунтов, подвергшихся засолению в условиях частичного или полного затопления. Актуальность исследования обусловлена тем, что многие регионы сталкиваются с проблемами, связанными с изменением уровня грунтовых вод, что негативно сказывается на устойчивости земляных сооружений. В работе представлены результаты исследований, показывающих, как присутствие солей в почве влияет на ее механические свойства. Исследуются различные типы солей и их концентрации, а также условия, при которых почва наиболее чувствительна к изменениям прочностных характеристик. В частности, особое внимание уделяется взаимодействию солей с водой и изменению структуры почвы, что может привести к снижению прочности и устойчивости структур. Автор также обсуждается практические рекомендации по проектированию и укреплению земляных сооружений на засоленных и затопленных землях. В заключение, подчеркивается необходимость учета прочностных свойств засоленных почв при планировании строительных работ и создании систем защиты от наводнений, что важно для обеспечения прочности и безопасности инфраструктуры.

Ключевые слова: засоленная почва, глинистая почва, уплотнение почвы, физико-механические свойства почвы, функциональные изменения почвы, структурные изменения, процессы уплотнения.

**M.O.Imanov¹, Temir Bolotbek², K.A.Abdrakhmanova¹, A.T.Mukhamedzhanova³,
A.A.Abdrakhmanova*¹**

*¹ NAO "Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov",
Karaganda, Kazakhstan*

*² Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov,
Bishkek, Kyrgystan*

³ L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Strength properties of saline soils of earthworks in conditions of flooding.

Abstract. The article "Strength properties of saline soils of earthworks in conditions of flooding" examines the change in strength characteristics of soils subjected to salinization in conditions of partial or complete flooding. The relevance of the study is due to the fact that many

regions face problems related to changes in the groundwater level, which negatively affects the stability of earthworks. The paper presents the results of experimental studies showing how the presence of salts in the soil affects its mechanical properties. Various types of salts and their concentrations are investigated, as well as the conditions under which the soil is most sensitive to changes in strength characteristics. In particular, special attention is paid to the interaction of salts with water and changes in the structure of the soil, which can lead to a decrease in the strength and stability of structures. Practical recommendations on the design and strengthening of earthworks on saline and flooded lands are also discussed. In conclusion, the need to take into account the strength properties of saline soils when planning construction works and creating flood protection systems is emphasized, which is important to ensure the strength and safety of infrastructure.

Keywords: saline soil, clay soil, soil compaction, physical and mechanical properties of soil, functional changes of soil, structural changes, compaction processes.

References

1. M.A Akhmedov, K.D Salyamova, Analiz i otsenka povrezhdenii gidrotekhnicheskikh sooruzhenii, («Fan va texnologiya», Tashkent, 2016), s.160. - monografiya
2. M.YU.Abelev, I.V.Averin, D.YU.Chunyuk, A.A. Almazov, Metody stroitel'stva promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzhenii na zasolennykh gruntakh, (ASV, Moskva, 2024), s.182. - kniga
3. V.S. Vyskrebentsev, O vliyanii khimicheskoi suffozii na fizicheskie i deformatsionnye svoistva lessovykh gruntov, (Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova, Belgorod, 2016), s. 96-101. - stat'ya
4. B.B.Bakenov, N.V.Boiko, U.R. Dzhumashev, Osnovaniya i fundamenty na zasolennykh gruntakh, («Stroiizdat», Moskva, 1988), s.133. - stat'ya
5. S.B. Ukhov, Iskusstvennoe zasolenie svyaznykh gruntov dlya vozvedeniya nasypei v zimnee vremya, (Avtoreferat, Moskva, 1961), - avtoreferat
6. V.P. Petrukhin, Stroitel'stvo sooruzhenii na zasolennykh gruntakh, (Stroiizdat. Moskva, 1989), s.264. - kniga
7. A.A. Kurbanov, Issledovanie zasolennykh gruntov dlya stroitel'stva zemlyanykh plotin, (Avtoreferat, Moskva. 1980), s.21. - avtoreferat
8. B. Rakhmanov, KH.Zhurakulov, Izmenenie prochnosti zasolennykh gruntov pri ikh vyshchelachivanii, (Vestnik OSHGU. Osh), s. 64-75. - stat'ya
9. E.H.A. Arakelyan, Osobennosti opredeleniya fizicheskikh svoistv zagipsovannykh gruntov, (OFMG, Moskva, 1986), s.20-21. - stat'ya
10. R.M. Khudaikulov, Osobennosti ucheta kharakteristik zasolennykh gruntov pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog, (NMZH: Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya, Ivanovo, 2021), s. 17-20. - stat'ya

Авторлар туралы мәлімет:

Иманов Марат Өмірбекович- т.ғ.к., қауымд. профессор, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56

Абдрахманова Каламкас Аманбековна- PhD, қауымд. профессор, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев

даңғылы,56

Темир Болотбек- т.ғ.д., И. Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік техникалық университетінің профессоры

Мұхамеджанова Әсел Төлеубекқызы- PhD, құрылыс кафедрасының қауымд. профессоры, Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Сәтбаев көшесі 2

Абдрахманова Ардак Аманбековна- докторант, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы,56,

Иманов Марат Омирбекович- к.т.н., асс. профессор, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр.Н.Назарбаева,56, alivek@mail.ru

Абдрахманова Каламкас Аманбековна- PhD, асс. профессор, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр.Н.Назарбаева,56

Темир Болотбек- д.т.н., профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова Мухамеджанова Асель Төлеубековна, PhD, асс. профессор кафедры «Строительства», ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, ул. Сәтбаева 2

Абдрахманова Ардак Аманбековна- докторант, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр.Н.Назарбаева,56,

Imanov Marat Omirbekovich-Ph.D., ass. Professor, NAO "Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov", 56 N.Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan, alivek@mail.ru

Abdrakhmanova Kalamkas Amanbekovna- PhD, ass. Professor, NAO "Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov", 56 N.Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan

Temir Bolotbek- Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov

Mukhamedzhanova Assel Toleubekovna- PhD ass. Professor of the Department of Construction NAO "L.N. Gumilyov ENU",tumar2304@mail.ru , PhD, Senior Lecturer of the Department of Construction, L. N. Gumilyov ENU, Astana, Satbayeva str. 2

Abdrakhmanova Ardak Amanbekovna- PhD student, НАО «Карагандинский техниеский университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр.Н.Назарбаева,56,



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)