



UDK: 624.131.550.

**Ibrohim ERMATOV,**

Toshkent davlat texnika universiteti talabgori

E-mail: [ibrohimermatov@mail.ru](mailto:ibrohimermatov@mail.ru)

**Mirabbos ZOKIROV,**

Toshkent davlat texnika universiteti professori

E-mail: [mzakirov1957@mail.ru](mailto:mzakirov1957@mail.ru)

**Yayra ERMATOVA,**

Toshkent davlat texnika institutining katta o'qituvchisi

E-mail: [yayra.ermatova@mail.ru](mailto:yayra.ermatova@mail.ru)

**Muhbir G'ULOMQODIROV,**

Toshkent davlat texnika institutining katta o'qituvchisi

E-mail: [gulamkadirovamuxbira@gmail.com](mailto:gulamkadirovamuxbira@gmail.com)

TDTU professori g.-m.f.n., I.A.Agzamova taqrizi asosida

## ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЛИННЫХ ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ КОМПРЕССИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Аннотация

В качестве основы инженерных сооружений изучаются деформационные и прочностные свойства глин и глинистых грунтов. Изменение статических и динамических параметров деформационных свойств глинистых грунтов подчиняется общим закономерностям. Модуль начального сжатия, относительный модуль деформации при статических (механических) испытаниях и динамический модуль общей деформации и упругости увеличиваются с усилением структурных связей и распределением глинистых грунтов. Из-за влияния количества и типа связей между частицами наблюдается снижение с увеличением уровня влажности и показателя рентабельности. Коэффициент поперечного расширения (с одноосным сжатием) увеличивается с ростом индекса Пуассона и уменьшается с ростом дисперсности при одинаковой влажности.

**Ключевые слова:** деформация, модуль сжатия, глиняные шлифовки, статические, динамические параметры, коэффициент, дисперсия, относительный модуль, давление, структура.

## DEFORMATION PROPERTIES OF CLAY SOILS ACCORDING TO COMPRESSION TESTS

Annotation

Studies the deformation and consistency properties of clay and clay grinds as the basis of engineering structures. The change in the static and dynamic parameters of the deformation properties of clay grinds is subject to general aging. The initial compression module, the relative module of deformation in static (mechanical) tests, and the dynamic module of general deformation and elasticity, increase with the Kuchay of structural bonds and the dispersion of clay grinds. Due to the influence of the number and type of connections between the particles, there is a decrease in the moisture content and an increase in the profitability index. It increases with the increase in the cross-section coefficient (with one-axis compression) and the Poisson index and decreases with an increase in the dispersion of the same moisture content.

**Keywords:** deformation, compression module, clay grinds, static, dynamic parameters, coefficient, dispersion, relative modulus, pressure, structure.

## KOMPRESSION SINOVLAR MA'LUMOTLARIGA KO'RA GIL GRUNTLARNING DEFORMATSION XUSUSIYATLARI

Annotatsiya

Muhandislik inshootlarining asosi sifatida gillar va gilli gruntlarning deformatsion va mustahkamlik xususiyatlari o'rganiladi. Gilli gruntlar deformatsion xususiyatlarining statik va dinamik parametrlarining o'zgarishi umumiy qonuniyatlarga bo'ysunadi. Boshlang'ich siqilish moduli, statik (mexanik) sinovlardagi deformatsiyaning nisbiy moduli va umumiy deformatsiya va elastiklikning dinamik moduli strukturaviy bog'lanishlarning kuchayishi va gilli gruntlarning tarqalishi bilan ortadi. Zarrachalar orasidagi bog'lanishlar soni va turi ta'sirida namlik darajasi va rentabellik ko'rsatkichi oshishi bilan kamayishi kuzatiladi. Ko'ndalang kengayish koeffitsiyenti (bir o'qli siqilishda) Puasson indeksi ortishi bilan ortadi va bir xil namlikda disperslik ortishi bilan kamayadi.

**Kalit so'zlar:** deformatsiya, siqilish moduli, loyli silliqilash, statik, dinamik parametrlar, koeffitsient, dispersiya, nisbiy modul, bosim, struktura.

**Kirish.** Gruntlarni kompression sinash hozirgi vaqtda muhandislik geologiyasida dispers gruntlarning deformatsion xususiyatlarini o'rganishning eng mashhur laboratoriya usullari bo'lib qolmoqda. SHuning uchun to'rtlamchi va yura davri gilli gruntlarning deformatsion xususiyatlarining ishonchli ko'rsatkichlarini olish uchun kompression sinovlar o'tkazildi. "Gruntli materiallar qarshiligida siqilishga sinash deganda gorizontaal qirralariga siquvchi kuch qo'yilgan tsilindrik yoki prizmatik namunani sinash tushuniladi yon yuzasi esa erkin bo'ladi" (Goldshteyn, 1952). Muhandislik geologiyasida statik bir o'qli siqilish "bir tomonlama (bo'ylama) yuk ta'sirida yuzaga keladigan gruntlarning deformatsiya turlaridan biri bo'lib, uning miqdori,

yo'nalishi va qo'yilish joyi ma'lum vaqt oralig'ida, erkin yonlama kengayish sharoitida o'zgaraydi" (Gruntshunoslik bo'yicha laboratoriya ishlari, 1993). Ularning natijalari quyida muhokama qilinadi.

**Mavzuga oid adabiyotlar tahlili.** Umuman olganda, turli mualliflarda grunt deformatsiyalarini aniqlashga yondashuv ilmiy qiziqishlar sohasiga qarab biroz farq qiladi (M.N.Goldshteyn, B.I.Dalmatov, B.I.Didux, N.A.Sitovich va boshqalar). Muhandislik geologiyasida deformatsiya deb "zarrachalarning (grunting qattiq struktura elementlarining) ko'chishi bilan bog'liq bo'lgan nisbiy holatining o'zgarishiga aytiladi. Umuman olganda, bu siljish turli sabablar - termik kengayish va siqilish, fazaviy o'tishlar, mexanik kuchlanishlar ta'siri va boshqalar tufayli yuzaga kelishi mumkin. Umuman olganda, ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, gruntlar uchun deformatsiyalar va kuchlanishlar o'rtasidagi bog'liqlik nochiqli bo'ladi (Tersagi, 1961; Goldshteyn, 1971; Lomtadze, 1972; Sitovich, 1973; Dashko, 1987; Didux, 1990 va boshqalar). Biroq, N.A.Sitovich va boshqa ko'plab mutaxassislarning fikriga ko'ra, tashqi bosimlarning uncha katta bo'lmagan o'zgarishlarida (0,1-0,3 MPa atrofida, zich va qattiq gruntlar uchun esa 0,5-0,7 MPa gacha)" yetarlicha.

Gruntning chiziqli deformatsiyalanish nazariyasi bir martalik yuklanish (yoki yuksizlanish) da gruntlardagi kuchlanishlar va duformatsiyalar orasidagi bog'liqlik chiziqli degan taxminga asoslanadi. Bundan tashqari, yuklanish paytida gruntning faqat umumiy deformatsiyasi elastik va plastik tarkibiy qismlarga ajratilmagan holda ko'rib chiqiladi. Birinchi faraz grunt massividagi kuchlanishlarni hisoblash uchun elastiklik nazariyasi apparatidan foydalanish imkoniyatini ta'minlaydi, ikkinchisi esa ma'lum kuchlanishlarda asosning chekli deformatsiyalarini hisoblash imkonini beradi (Uxov va boshq., 1994). B.I.Didux (1990) ta'kidlaganidek, adabiyotlarda elastiklik nazariyasi yechimlariga asoslangan bashoratlar bilan tabiiy o'lchash ma'lumotlarining mos kelishi holatlari juda ko'p tasvirlangan. Biroq, B.I.Dalmatovning (1988) ta'kidlashicha, gruntning qoldiq deformatsiyalari mavjudligi sababli, izotrop jismlar uchun elastiklik nazariyasi yechimlaridan faqat asosga bir martalik yuklama berilganda foydalanish mumkin.

**Tadqiqot metodologiyasi.** To'rtlamchi davr gruntleri uchun kompression deformatsiya modullari 0,1-0,3 MPa yuklanish pog'onasida 6 dan 38 MPa gacha, 0,3-0,5 MPa yuklanish pog'onasida esa 11 dan 24 MPa gacha o'zgaragan. Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, to'rtlamchi davr qumloqlari va qumloqlarining aksariyati o'ta siqiluvchan, kamroq qismi siqilmaydigan muhitga mansub bo'lib, uchta namuna (SH.s-120 (15,0; 14,7), III.s-123 (14,7)) kuchsiz siqiluvchilarga kiradi. Kuchsiz siqiluvchan namunalar uchun "nisbiy deformatsiya-yuklama" grafiklarida gruntlarning strukturaviy mustahkamligining namoyon bo'lishi kuzatiladi. 0,3-0,5 MPa pog'onaga nisbatan 0,1-0,3 MPa pog'onada deformatsiyaning kompression modullarining katta qiymatlari aynan shu bilan bog'liq.

**Tahlil va natijalar.** Struktura mustahkamligining o'rtacha qiymati 0,1 MPa. Rpr-Rpp uchastkasida kompression deformatsiya modullari 6 dan 24 MPa gacha o'zgaradi, maksimal qiymatlar xuddi shu namunalarga tegishli. Bu uchastkada umumiy deformatsiya modullari 2 dan 9 MPa gacha o'zgaradi. Gillar dengiz genezisining qadimgi yotqizilari bo'lib, yo'naltirilgan mikroteksturaga ega, shuning uchun ular yuk ostida boshqacha xarakterga ega. Tabiiy gillar 0,1-0,3 MPa bosqichda 8 dan 45 MPa gacha bo'lgan kompression deformatsiya modullari bilan tavsiflanadi (1-jadval). 1) va 0,3-0,5 MPa yuklanish bosqichida 9 dan 42 MPa gacha. Strukturaviy mustahkamlikning namoyon bo'lishi paleogen davri namunalarning ko'pchiligiga xosdir (1-rasm). Bu 0,3-0,5 MPa ga nisbatan 0,1-0,3 MPa pog'onada deformatsiya modullarining katta qiymatlari bilan bog'liq. O'rganilgan gruntlarning siqiluvchanligi struktura mustahkamligi namoyon bo'lgan gruntlar uchun o'rtacha qiymatdan deyarli siqilmaydigan qiymatgacha o'zgaradi (A.s-23 (27,0), A.s-23 (25,2), A.s-23 namunalari).

### 1-jadval. Kompressiya tajriba natijalarini umulashtirish

Namuna nomi	Deformatsiya moduli, MPa							
	yuklanish bosqichi 0,1-0,3 MPa		yuklanish bosqichi 0,3-0,5 MPa		Uchastka R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub> , MPa		Uchastka R <sub>bit</sub> -1,5R <sub>bit</sub> , MPi	
	E <sub>k</sub>	E <sub>o</sub>	E <sub>k</sub>	E <sub>o</sub>	E <sub>k</sub>	E <sub>o</sub>	E <sub>k</sub>	E <sub>o</sub>
Suglinkalar 0,56<IL<0,65	6-38	2-14	11-24	4-9	6-24	2-9	11-19	4-7
Gillar 0,70<IL<0,28	8-45	3-16	9-42	3-15	9-36	4-13	9-36	3-13

Eslatma: Yek va Yeo - kompression va umumiy deformatsiya modullari.

Ba'zi namunalar yuklamaning past pog'onalarida siqilish deformatsiyasi o'rniga shishish qobiliyatini namoyon qildi (oxirgisi monolitdan halqa tarkibidagi gruntning bir qismini chiqarib olingandan keyin kuchlanishlarning "yuksizlanishi" bilan, shuningdek, odometrdagi nam filtrlardan namlikning yutilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin). O'rganilayotgan uchastkada kompression deformatsiya modullari 9 dan 36 MPa gacha, umumiy deformatsiya modullari 4 dan 13 MPa gacha o'zgaradi. Rbit-1,5Rbit uchastkasidagi gilli grunt namunalari uchun deformatsiyaning kompression moduli 9 dan 36 MPa gacha, Yeo esa 3 dan 13 MPa gacha o'zgardi, bu esa yuqoridagi ma'lumotlarga mos keladi. Umuman olganda, litifikatsiyalangan gilli gruntlarning deformatsiya modullari qiymatlari kuchsizroq bog'lanishlarga va pastroq strukturaviy mustahkamlikka ega bo'lgan to'rtlamchi gruntlarga qaraganda yuqori. Ta'sir etuvchi bog'lanishlarni aniqlash uchun deformatsiya modullari va gruntlarning tarkibi, holati va xususiyatlari xarakteristikalarining juft korrelyatsiyalari matritsasi tuzildi (2-jadval). Jadvalda modul bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

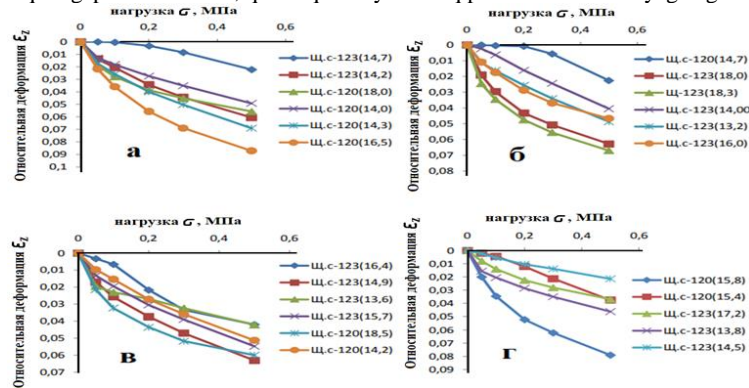
### 2-jadval. Deformatsiya modullari va gruntlarning tarkibi, holati va xususiyatlari ko'rsatkichlarining juft korrelyatsiya koeffitsientlari

Tarkib, holat va xususiyat ko'rsatkichlari	To'rtlamchi suglinka va supeslar		To'rtlamchi suglinka va supeslar		To'rtlamchi suglinka va supeslar		To'rtlamchi suglinka va supeslar	
	E <sub>k</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>o</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>k</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>o</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>k</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>o</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>k</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>	E <sub>o</sub> uchast-da R <sub>pr</sub> -R <sub>pp</sub>
NamlikW, %	-0,14	-0,14	-0,25	-0,25	0,25	0,32	-0,05	-0,03
Qayishqoqlikning quyi chegarasi, W <sub>r</sub> , %	0,55	0,56	0,56	0,56	0,36	0,32	0,18	0,17
Qayishqoqlikning yuqori chegarasi, W <sub>L</sub> , %	0,21	0,21	0,18	0,18	0,04	-0,02	-0,1	-0,08
Qayishqoqlik soni, I <sub>p</sub>	0,06	0,07	0,03	0,04	-0,07	-0,11	0,02	0,08

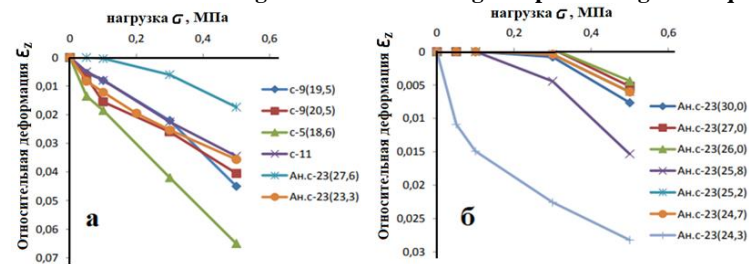
Oquvchanlik ko'rsatkichi, I <sub>r</sub>	-0,58	-0,59	-0,59	-0,59	-0,12	-0,03	0,08	0,12
Zichlik, ρ, g/sm <sup>3</sup>	0,15	0,14	0,23	0,23	0,37	0,39	0,33	0,35
Qattiq jism zichligi grunt komponenti, ρ <sub>s</sub> , g/sm <sup>3</sup>	0,37	0,38	0,38	0,39	-0,07	-0,1	-0,43	-0,45
Grunt skeleti zichligi ρ <sub>d</sub> , g/sm <sup>3</sup>	0,20	0,19	0,32	0,31	0,32	0,24	0,36	0,37
G'ovaklik, n, %	0,14	0,15	0,06	0,08	-0,20	-0,18	-0,47	-0,49
G'ovaklik koeffitsienti ye, o'lvohov.	0,12	0,13	0,05	0,06	-0,24	-0,22	-0,47	-0,49
Namlig darajasi, S <sub>r</sub>	-0,15	-0,16	-0,14	-0,15	0,27	0,39	0,46	0,48
Struktura bog'liqligi darajasi R <sub>c</sub> , MPa	0,5	0,51	0,55	0,56	-	-	-	-

Keyinchalik aynan shu uchastkada - tabiiy bosimdan "deformatsiya-yuklama" grafigidagi mutanosiblik chegarasiga mos keladigan bosimgacha aniqlangan kompression va umumiy deformatsiya modullarining qiymatlaridan foydalanamiz.

Yaqin va juda yaqin bog'liqliklar olinmadi, barcha juft korrelyatsiya koeffitsientlari  $r < 0,67$ . Biroq namunalarning qattiq holatdan yarim qattiq holatga, so'ngra esa qattiq plastik holatga o'tishida to'rtlamchi gilli gruntlarning deformatsiya modullari qiymatlarining pasayishi haqida gapirish mumkin, qumloqlarda yumshoq plastik konsistensiyaga ega.



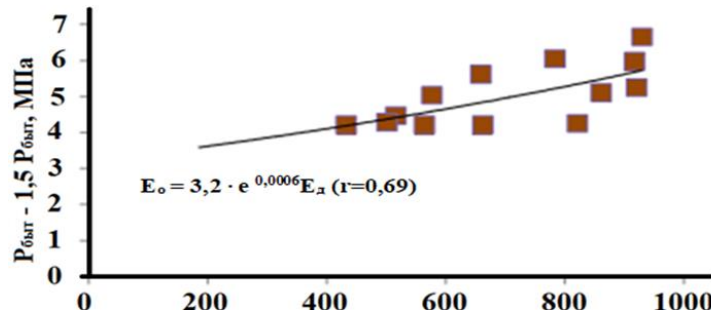
1-rasm. To'rtlamchi davr gruntlarini sinashning kompression egri chiziqdari.



2-rasm. Gillarni sinashning kompression egri chiziqdari.

Rbit-1,5Rbit uchastkasida olingan hisoblash natijalari kamroq ko'rsatkichli, chunki 1,5Rbit ning barcha qiymatlari 0-0,5 MPa oralig'ida yotmaydi. Ammo kam sonli qiymatlar uchun ham umumiy deformatsiya modullarining dinamik elastiklik moduli  $Y_{e0} = 3,2$  ye  $0,0006E_d$  ( $r=0,69$ ) bilan eksponensial bog'liqligini olishga erishildi (3-rasm).

Tabiiy to'rtlamchi davr gruntlarining deformatsiya modullari va tarkibi, holati va xossalari ko'rsatkichlarining ko'p omilli regression tahlili natijalari yaqin va juda yaqin chiziqli bog'lanishlarni aniqlash imkonini bermadi. Aftidan, bu aloqalar murakkab xarakterga ega.



3-rasm. Rbit-1,5Rbit uchastkasidagi umumiy deformatsiya moduli va to'rtlamchi qumloqlarning dinamik elastiklik modulining o'zaro bog'liqligi.

Eksperimental tadqiqotlar natijalariga ko'ra (2-jadval). 3) model gilli gruntlarning bir o'qli siqilishga mustahkamligi qumloqlardan qumloqlarga o'tishda o'rtacha 0,5-0,6 MPa dan 0,3 MPa gacha pasayadi. Xuddi shu yo'nalishda qiymatlarning o'zgarish diapazoni, bitta model doirasida R<sub>c</sub> ning maksimal va minimal qiymatlari ham kamayadi.

Jadval. 3. O'rganilayotgan gruntlarning bir o'qli siqilish natijalari

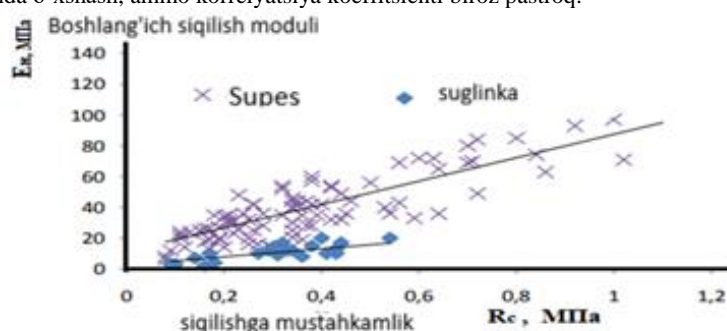
Namuna (soni)	Siqilishga mustahkamlik R <sub>c</sub> , MPa	Siqilishning boshlang'ich moduli Y <sub>e0</sub> , MPa	Deformatsiyaning nisbiy moduli Y <sub>e0m</sub> , MPa	Ko'ndalang deformatsiya koeffitsienti μ <sub>o</sub>
Suglinkalar M1(20) I <sub>r</sub> <0	0,20-1,05 0,66 0,17-1,10	14-128 58 14-110	21-200 77	0,20-0,48 0,36 0,26-0,45

Suglinkalar M2 (24) $I_L < 0$	0,51	47	19-200 76	0,34
Supeslar M3 (30) $I_L < 0$	0,08-0,63 0,29	6-82 35	16-139 58	0,25-0,44 0,37
Supeslar M4 (29) $I_L < 0$	0,11-0,64 0,27	18-65 39	10-99 48	0,24-0,45 0,37
Suglinka va supesdar (24) $-0,56 < I_L < 0,63$	0,09-0,54 0,31	3-20 11	1-22 9	0,31-0,45 0,38
Suglinka va gillar (3) - $0,70 < I_L < 0,28$	0,31-0,47 0,37	10-18 13	10-18 14	0,31-0,40 0,36

Eslatma: kasrning suratida eng kichik va eng katta qiymatlar, maxrajida esa o'rtacha qiymat berilgan.

Har bir model namunalari uchun zichlash yukining (o'zgaras belgilangan namlikda) ma'lum bir qiymatgacha (optimal zichlash yuklamasi) ortishi bilan bir o'qli siqilishga mustahkamlikning o'sishi kuzatiladi, shundan so'ng kuchsiz o'zgaradi.

Yana bir muhim qonuniyatlardan biri barcha o'rganilgan gruntlar uchun strukturaviy bog'lanishlar mustahkamligi va boshlang'ich siqilish modullari orasidagi bog'liqlikdir. Bog'lanish zichligi kuchsizdan torgacha o'zgaradi. To'rtlamchi davr gruntlari uchun umumiy ko'rinishda bog'liqliklar 4-rasmda keltirilgan. Nisbiy deformatsiya moduli bilan shunga o'xshash bog'liqlik umuman olganda o'xshash, ammo korrelyatsiya koeffitsienti biroz pastroq.



#### 4-rasm. To'rtlamchi gruntlarning boshlang'ich siqilish moduli va siqilishdagi mustahkamligining o'zaro bog'liqligi.

**Xulosa va takliflar.** Dinamik elastiklik modulining boshlang'ich siqilish moduli, nisbiy deformatsiya moduli (bir o'qli siqilish natijalari bo'yicha) va umumiy deformatsiya moduli (kompression sinovlar bo'yicha) bilan o'zaro bog'liqlik tenglamalari ham paleogen, ham to'rtlamchi davr gruntlari uchun eksponensial qonunlar bilan tavsiflangan. Olingan bog'liqliklar gilli gruntlarning deformatsion xususiyatlari ko'rsatkichlarini oldindan baholash uchun xizmat qilishi mumkin.

Gilli grunt namunalarning deformatsion xususiyatlarining statik va dinamik ko'rsatkichlarining o'zgarishi umumiy qonuniyatlarga bo'ysunishi aniqlandi. Statik (mexanik) sinovlarda boshlang'ich siqilish modullari, nisbiy deformatsiya va umumiy deformatsiya modullari va dinamik elastiklik moduli strukturaviy bog'lanishlarning mustahkamligi va gilli gruntlarning dispersligi oshishi bilan ortadi, namlik darajasi va oquvchanlik ko'rsatkichi oshishi bilan kamayadi, bu zarrachalar orasidagi kontaktlar soni va turining ta'siri bilan bog'liq.

#### ADABIYOTLAR

1. Болдырев Г.Г., Идрисов И.Х. Лабораторные методы определения механических свойств грунтов. Пенза: ГОУ высшего проф. образования «Пензенский государственный университет архитектуры и искусства», 2005. 40с.
2. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованиям операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: Учебное пособие. М.: ФОРУМ, 2008. 464 с.
3. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.: МНТКС, 2007. 61 с.
4. Zakirov M.M. Muhandislik geodinamikasi. Darslik, Toshkent: UMID DESIGN, 2022, -284b.
5. Пиоро Е.В. Динамический модуль упругости и модуль общей деформации модельных глинистых грунтов // Материалы пятнадцатых Сергеевских чтений, молодежной конференции «Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты)». М., РУДН, 2013, с. 75-79.
6. Пиоро Е.В., Ошкин А.Н. Взаимосвязи акустических характеристик и показателей физических и деформационных свойств глинистых грунтов // Вестник МГУ. Серия 4 Геология. 2011. №6. С.71-74.