

МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. ИВАН РИЛСКИ" – СОФИЯ
ГЕОЛОГОПРОУЧВАТЕЛЕН ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА „ХИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГИЯ”

инж. геол. Ася Божидарова Божинова – Хаапанен

ИНЖЕНЕРНО ГЕОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ГЛИНИТЕ ОТ
СОФИЙСКАТА КОТЛОВИНА С ОГЛЕД ИЗГРАЖДАНЕ НА
ГЕОТЕХНИЧЕСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация
за получаване на научната и образователна степен
„ДОКТОР”

научна област 4.4 „Науки за земята”,
научна специалност „Инженерна геология”

Научен консултант: доц. д-р. инж. геол. Стефчо Стойнев

Рецензенти: 1. Проф. дгн Димчо Евстатиенв Георгиев
2. Доц. д-р Радослав Велков Върбанов

София, 2014 г.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 16.12.2014 г. от 14:00 часа в зала 374 на МГУ „Св. Иван Рилски“.

Дисертационният труд е обсъден и одобрен за защита от разширен катедрен съвет на катедра ХИГ, назначен със заповед № Р- 1167/ 15.10.2014 г. на Ректора на МГУ на заседание, проведено на 29.10.2014 г.

Дисертационният труд и авторефератът са на разположение на всички интересуващи се в канцеларията на катедра ХИГ на МГУ „Св. Иван Рилски“ .

Докторантът работи като главен асистент по инженерна геология и хидрогеология в катедра Геотехника при УАСГ, София.

Благодарности

Авторът благодари на своя научен консултант доц. д-р. инж. геол. Стефчо Стойнев.

Авторът изказва благодарности на МГУ „Св. Иван Рилски“ за възможността тази защита да се осъществи, на Геоложкия институт на БАН, където са проведени по-голямата част от изследванията на почвени образци, на УАСГ и колегите от катедра „Геотехника“ за консултациите и подкрепата по време на подготовката на дисертацията, на Техническия университет в град Тампере, Финландия, където по програма ERASMUS бяха извършени голям брой изследвания за минерален състав и коефициент на Поасон на глинестите почви, на фирмите ГРУНД ООД, София 21 и VIZZI, които бяха така добри да предоставят първични данни от инженерно-геоложки проучвания.

Авторът благодари на доц. инженер геолог Л. Илиева , проф. Р. Уусинока и инженер геолог В. Николова за напътствията и помощта с първични данни от изследвания.

На първо място авторът благодари на своето семейство, което беше до него и го подкрепяше по всякакъв начин. Особена благодарност авторът отправя към своя баща, проф. д-р. инж. Б. Божинов за мъдрите съвети и за вярата в успеха.

Автор: гл. ас. инж. геол. Ася Божидарова Божинова-Хаапанен

Заглавие: Инженерно геоложка характеристика на глините от Софийската котловина с оглед изграждане на геотехнически съоръжения

Всички права запазени

Характеристика на дисертационния труд

Обемът на дисертационния труд е 120 страници, в които са включени въведение, шест глави, 3 страници използвани символи и означения и 7 страници литература (110 заглавия). В текста са дадени 34 фигури, 5 снимки от електронен микроскоп, 24 таблици и приноси. Към него са приложени карта на отложенията на територията на гр. София до дълбочина 0 – 20 m в М 1:50 000, типични геоложки разрези през територията на града и 65 сондажни колонки.

Изложението е структурирано в следните глави:

Въведение - 2 стр.

- I. Геоложка изученост на Софийската котловина - 13 стр.
- II. Карта на повърхностните отложения на територията на гр. София – 8 стр.
- III. Състав и свойства на дисперсните строителни почви от територията на гр. София – 20 стр.
- IV. Минерален състав и структура на кватернерните и плиоценски глинени от територията на гр. София - 27 стр.
- V. Определяне на деформационни характеристики на плиоценски глинени – 22 стр.
- VI. Деформации на земната основа, изградена от глинести почви – 18 стр.

Номерата на таблиците и фигурите в автореферата са дадени както в дисертационния труд.

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното строителство изисква максимално уплътняване на градски територии. Това води до по-пълно усвояване на подземното пространство за изграждане на самостоятелни съоръжения или за подземни етажи на жилищни и обществени сгради. На територията на град София през последните години е обичайно явление да се изграждат сгради с два-три до пет подземни етажа.

Геоложкият строеж на територията на град София до дълбочина 5-6 m е от кватернерни почви – смолници, песъчливи глинени, пясъци и чакъли. Под тези дълбочини почвите са с възраст плиоцен – представени от различни видове глинени, по-малко пясъци и чакъли като отделни пластове или в алтернация с глинени.

При тази комбинация от изисквания за строителство и литоложки строеж на земната основа се налага по-детайлно изследване на почвените разновидности.

Плиоценските глинени носят в най-голяма степен вертикалните товари и взаимодействат с околните стени на сградите и съоръженията при земен,

хидростатичен и сеизмичен натиск. От досегашни проучвания и строителство са известни някои най-общи техни характеристики – висока степен на водонасищане, висок коефициент на порите, ниска обемна плътност на скелета, високи деформационни модули, наличие на микро напуканост, сравнително здрави структурни връзки.

По-плитките части на подземните съоръжения влизат във взаимодействие с кватернерните глинни, поради което техните свойства са също разгледани в труда.

Поставя се въпросът за определяне на меродавни характеристики, които са изходна база за правилно изясняване на взаимодействието съоръжение – почва. Определянето на това взаимодействие трябва да се съобразява с две противоречиви изисквания – от една страна удовлетворяване на високите критерии за сигурност на конструкцията, което се постига чрез занижаване на показателите на свойствата на почвите, и от друга – икономичност на решенията, което ограничава това занижаване до обоснована граница.

Целта на настоящата разработка е да се установи причинно-следствена връзка между палеогеографията на Софийския басейн, разпространението на младите седименти (Q и N₂), минералният състав и структура на глинестите почви от басейна, техните физични и механични свойства и поведението им като среда и основа на геотехнически съоръжения.

I. ГЕОЛОЖКА ИЗУЧЕНОСТ НА СОФИЙСКАТА КОТЛОВИНА

В тази глава са разгледани геоморфологията, тектониката, геологията, строежа, палеогеографията и хидрогеоложките условия в Софийската котловина. Тези въпроси имат пряко влияние върху поведението на глинестите почви от територията на гр. София.

1. Геоморфология

Град София е разположен в югозападната част на Софийската котловина, в близост до планините Витоша и Люлин. Котловината има форма на елипса с дълга ос около 60 km, с посока СЗ-ЮИ и къса ос - 25-30 km. Граничи на север със Стара планина, на изток с Вакарелските възвишения, на юг – с Лозенската планина и Витоша, на запад – с планините Люлин, Вискяр и Сливнишките възвишения. Площта и е около 1180 km². Релефът е оформен вследствие на интензивни неотектонски движения и ерозионно-акумулативната дейност на река Искър и притоците ѝ. Абсолютната височина на терена е от 515 m при с. Оврадовци и до над 800 m над кв. Бояна.

2. Тектоника

В тектонско отношение Софийската котловина представлява сложен грабен, наложен върху значителна част от Западната Средногорска тектонска зона и запълнен с дебели до 1200 m континентални седиментни почви с неогенска възраст. Самата Средногорска структурна зона се разглежда като

вътрешна част на Балканидната система, която от своя страна се включва изцяло в северния склон на Алпийския подвижен пояс.

Тази сложна, негативна структура е образувана в резултат на дълбоко разломяване по система разседи, с обща ориентация WNW – ESE, с наклон към котловината, и отделена с разломи от Стара планина /Задбалкански дълбочинен ров/ и на юг – от Лозенската планина и Витоша /Каменов и Коен, 1952, Димитров и др., 1960/.

Скалите от подложката са деформирани многократно и присъствието на тектонски нарушени зони в тях е често явление. Тектонският стил на подложката е усложнен от по-млади разломни движения, денивелирали неогенските седименти. Софийската котловина е активно земетръсно огнище от девета степен.

3. Геоложки строеж

Скалите и почвите разположени в Софийския грабен са разгледани по-долу в две групи – скали от подложката на грабена и скали от пълнежа на грабена.

Скалите от подложката на грабена могат да се групират основно в три структурни комплекса: долен, среден и горен.

Долният структурен комплекс е изграден от високо метаморфни скали с архайска и протерозойска възраст, с внедрени в тях по-млади гранитоиди. Средният структурен комплекс е изграден от ниско метаморфни и разнообразни седиментни и вулкански скали. Горният структурен етаж обхваща скалите с мезозойска възраст и участва пряко в строежа на подложката на Софийския грабен. Изграден е от разнообразни морски и континентални скали и среднобазични вулканити.

Скалите от пълнежа на грабена са с неогенска и кватернерна възраст. Неогенът представлява пъстра теригенна задруга, залягаща трансгресивно и дискордантно върху подложката /Берегов, 1946/.

Неогенските седименти, запълващи Софийския грабен, са поделени в две литостратиграфски единици /Каменов, Коюмджиева, 1983/. Пъстра теригенна задруга /неофициална/ и Софийска група /официална/. Последната е разчленена на още три свити – Гнилянска, Новиискърска и Лозенецка. В границите на Гнилянската свита е отделен Балшенски член, а в границите на Лозенецката свита – Новихански член.

Лозенецката свита е развита в почти целия Софийски басейн и строителството в гр. София се извършва в нейните седиментите. Седиментите на Лозенецката свита могат да се поделят на два комплекса, които се различават по визуални признаци и по свойствата си.

Почвите от подстилящия долен комплекс са със сиво-синьо-зелена окраска. В него преобладават глинестите отложения, които са със слоеста и шистозна текстура. На вид са плътни, здрави, понякога са означавани като мергелоподобни. Прослоени са от тънки пясъчни прослойки.

Отложенията на горния жълто-кафяв комплекс не винаги могат да се разграничат ясно от тези на долния комплекс. В този комплекс също

преобладават глинестите отложения, в които са включени песъчливи и чакълести лещи и прослойки с песъчливо-глинест запълнител. На места се срещат и варовити конкреции.

Кватернерната покривка е разпространена повсеместно на територията на гр. София. Представена е от чакъли, предимно алувиални, пясъци и песъчливи глини, залягащи върху неравна ерозионна плиоценска повърхнина.

4. Палеогеография

Условията на образуване на параметаморфните скали от долния комплекс не са изяснени добре. Болшинството от тях напомнят флишоидни или теригенно-карбонатни формации, възникнали в протогеосинклинални корита.

Скалите от средния структурен комплекс образуват типичен за геосинклиналните области формационен ред.

Фациесите на основната част от скалите на горния комплекс са плиткоморски.

Пъстротата на отложенията от Пъстрата теригенна задруга, нейната възраст (меот-сармат) дават основание да се предположи палеогеографската обстановка за образуването им - в условия на засушаване и захлаждане на климата, бързо изплитняващ до пресъхващ континентален /най-вероятно езерно-блатен/ басейн.

Седиментите на долната част на Гнилянската свита по произход се определят като алувиално-акумулативни, а тези от горната – като типично блатни с възраст долен понт. По условия на образуване основната част от утайките на Новиискърската свита са езерни, но към периферията преминават към алувиално-пролувиални с възраст горен понт-долен дак.

Фациесът на седиментите от Лозенецката свита е алувиално-блатно-пролувиален, а възрастта ѝ се определя на дак-руман въз основа на останки от молюски, гръбначни, богата микрофлора и полен. На територията на София утайките от този период имат предимно алувиален и алувиално-пролувиален характер.

II. КАРТА НА ПОВЪРХНОСТНИТЕ ОТЛОЖЕНИЯ (0-20m) НА ТЕРИТОРИЯТА НА ГРАД СОФИЯ

1. Райониране

За основа на районирането на гр. София е използвана картата от геофонда на Софпроект (Титянов, А. 1986 г.). Районирането на територията на града по дълбочина на повърхностните отложения е направено въз основа на стратиграфо-литоложки принцип, на взаимоотношението, разпространението и дебелината на литоложките разновидности, физико-механичните им свойства и дълбочината на залягането на подземните води.

За съставянето на картата са използвани инженерно-геоложки и хидрогеоложки проучвания, извършвани от различни организации и фирми,

специални проучвания, правени за уникални обекти. Картата е съставена през 1995 година и е послужила като основа за последващи районириания на града.

По този начин територията на град София е разделена на дванадесет района. Картата е геореферирана в М 1:50 000 в координатна система 1970 година. Към картата са дадени подробни колонки на 65 сондажни изработки и обобщени колонки в четири типични разреза през територията на града – А-А, В-В, С-С и D-D.

2. I РАЙОН: Включва местностите “Банишора”, “Бакърена фабрика”, кварталите “Връбница”, “Обеля”, “Надежда”, “Свобода”, “Илиянци”, “Бенковски”, “Орландовци” и части от терасите на река Суходолска.

Кватернерното покритие е представено предимно от органични глини и алувиални песъчливи глини. Смолниците имат повсеместно разпространение.

Дебелината на пластовете, изградени от кафяви алувиални песъчливи глини варира в широки граници.

Кватернерните чакъли в този район са слабо застъпени. Дебелината им достига до 3,50 - 4,50 m.

Плиоценските седименти са представени от кафяви, жълти, светло сиви, сиво-жълти и сиво-зелени прахови твърдопластични глини, включващи прослойки и лещи от прахови пясъци и едрозърнести чакъли с песъчлив до глинест запълнител.

Подземните води са привързани към прослойките и пластовете от пясъци и чакъли и дълбочината на залегането им рядко е по-малка от 3,00 m.

3. II РАЙОН: Разполага се в най-източната част на София – териториите на кварталите “Дружба–1, 2”, “Хр. Смирненски”, “Гара Искър”, “Хр. Ботев”, “В. Левски”, “Браждебна”. Районът се изгражда почти изцяло от алувиалните отложения на река Искър, представени предимно от едри чакъли и валуни с песъчлив запълнител. Пластовете имат издържано разпространение. Дебелината им варира в широки граници.

Искърските чакъли залегат върху плиоценска подложка, изградена от пясъци и по-често от сиво и зелено оцветени глини.

Водното ниво е на дълбочина 0.50 – 2.00 m.

4. III РАЙОН: Обхваща териториите на кварталите “Голяма Коньовица”, “Малка Коньовица”, “Люлин”, “Западен парк”, “Овча купел 1-2”, “Циганската махала” и части от терасите на река Суходолска. От кватернерните отложения органичните глини имат разпространение целия район. Делувиални прахово песъчливи глини се установяват само в обсега на ж.к. “Западен парк”. В участъците на кварталите “Красна поляна”, “Циганската махала”, “Овча купел 1-2”, “Люлин” и по бреговете на река Суходолска под смолницата са развити кватернерни алувиални отложения, изградени от кафяви праховопесъчливи глини и чакъли.

В плиоценския комплекс от териториите на кварталите “Коньовица”, “Западен парк”, “Люлин” и терасите на р. Суходолска в дълбочина се разкриват

жълто-кафяви плътни и твърдопластични, светлосиви, сиво-зелени до зелени глинени. Почти навсякъде сред глините се установяват неиздържани прослойки и лещи от едри и средни чакъли и дребнозърнести прахови пясъци.

Подземните води са на дълбочина по-голяма от 4 m.

5. IV РАЙОН: Включва централните части на град София, които са били обект на строителство от създаването на града до наши дни. Това определя почти повсеместното разпространение на културен слой, представен от останките на това строителство. Под него с неиздържана дебелина се установяват смолници и кафяви песъчливи глинени с варовити включения.

Кватернерните чакъли имат повсеместно, но неиздържано разпространение.

Застъпени са широко в профила на терасите на реките Боянска и Перловска, Домуз дере и Владайска, в отделни площи от кварталите "Ив. Вазов" и "Красна поляна".

Подстилащата кватернера плиоценска подложка е неравномерно еродирана и разнородна по състав. Представена е от незакономерно редуващи се песъчливи и глинести материали с променлив състав и непостоянна дебелина. В горните хоризонти преобладават пясъците и силно песъчливите глинени, а в по-долните – песъчливите и прахови глинени със сив, жълтеникав и сиво-зелен цвят.

Дълбочината на залягането им е от 2.00 до 4.00 m.

6. V РАЙОН: Заема терените на кварталите "Лозенец", "Изток", "Гео Милев" и "Слатински редут". Кватернерното покритие е представено основно от черно-кафяви органични глинени, които имат неиздържано разпространение и дебелина в целия район. На места се установява втори хоризонт смолница. Кафявите песъчливи глинени с варовити включения, в някои части не са застъпени в профила. Алувиалните чакъли с глинестопесъчлив запълнител са развити в някои петна от кв. "Изток".

Плиоценската подложка се отличава с нееднороден строеж. В квартал "Лозенец" тя е представена от едрозърнести пясъци с чакъл, глинести и прахови пясъци с жълто-ръждив цвят, сиви и жълтеникави глинени. В кварталите "Изток" и "Гео Милев" - от прахови и песъчливи глинени, които съдържат отделни чакъли и лещи от глинести пясъци. В квартал "Слатински редут" - от едри чакъли с валуни, сбити глинести и прахови пясъци, разнозърнести пясъци и праховопесъчливи глинени.

Подземните води в района са дълбоко дренирани и се установяват на дълбочина, по-голяма от 7.00 m от терена.

7. VI РАЙОН: Обхваща площите на кварталите "Младост", "Малинова долина", "Дървеница" и "Червена звезда".

Кватернерните отложения се характеризират с неиздържано разпространение и разнороден състав. Културният слой има спорадично развитие - в части от кварталите "Младост - 1 и 1а", "Малинова долина" и

“Червена звезда”. Черно оцветените органични глини - в участъците на ж.к. “Младост –2, 3, 4”. С по-малка дебелина този пласт се установява в кварталите “Малинова долина”, “Дървеница” и “Червена звезда”.

Кафявите алувиални глини са развити в профила на ж.к. “Младост” и отчасти в кварталите “Малинова долина”, “Дървеница” и “Червена звезда”. Дебелината им варира в границите от 0.50 до 5.00 m.

Кватернерните чакъли имат широко и издържано разпространение в по-голямата част на района. Дебелината им варира в границите от 0.60 до 7.50 m. На територията на ж.к. “Младост 2” този литоложки тип отсъства.

Плиоценската подложка в района е с разнороден строеж вследствие на тектонски разсед, който разполовява квартал “Младост 2”. На север от разлома в обсега на “Младост 2, 3 и 4” кватернера се подстила от светлосиви, сиво-кафяви до кафяви плиоценски глини, съдържащи варовити ядки.

На различна дълбочина от повърхността сред глините се установяват лещи или сравнително издържани пластове от чакъли и пясъци.

На юг от разлома, в южната част на кварталите “Младост – 1 и 1a”, “Дървеница” и “Червена звезда” подложката се изгражда от пясъци.

Сред пясъците се установяват отделни лещи, прослойки и пластове от глини с дебелина от 1.30 до 2.40 m и в единични случаи – от чакъли с дебелина от 3.50 до 7.20 m.

Подземните води са дълбоко дренирани и залягат на дълбочина от терена, по-голяма от 18.00 m.

8. VII РАЙОН: Включва източната част на кв. „Горна баня”. Кватернера в района е представен от средни и едри чакъли с валуни и блокове с песъчлив и глинестопесъчлив запълнител. Дебелината на чакълестия пласт варира от 0.5 m до над 12 m.

Докватернерната подложка се изгражда от плиоценски седименти и на места от андезити. Плиоцена е представен от жълто-кафяви до червено-кафяви на цвят, праховопесъчливи и песъчливи глини. Често сред глините са включени лещи и прослойки от чакъли.

Поради голямата денивелация на терена водното ниво се установява на различна дълбочина: в по-високите части – до 6-7 m, а в по-ниските – на около 2 m от терена.

9. VIII РАЙОН: Включва кварталите „Бъкстон”, „Красно село”, „Мотописта”, части от „Княжево”, „Драгалевци”, „Бояна”, „Симеоново” и вилна зона „Малинова долина”. Характерни за кватернера в този район са наносните конуси, образувани от реките при влизането им в Софийската котловина. Те се изграждат предимно от едри чакъли и валуни с песъчлив до глинест запълнител. В периферията на наносните конуси в профила участват песъчливи и прахово-песъчливи глини, предимно кафяво оцветени и валунно-чакълести материали с чести взаимни преходи помежду си.

За подложка на пролувиалните отложения служат плиоценски песъчливи глини, предимно твърдопластични, жълти и ръждиво-кафяви на цвят. Често съдържат чакъл и включват прослойки от глинести пясъци.

Нивото на подземните води през валежните периоди се установява от 0.5 до 1.0 m. В застроените части на района, в резултат на изградена дренажна система, нивото на подземните води е значително понижено.

10. IX РАЙОН: Простира се в местността „Гърдова глава“ (между „Княжево“ и „Бояна“, вилна зона „Киноцентъра“ и вилна зона „Симеоново - Драгалевци“).

Районът е изграден от кватернерни делувиално-пролувиални материали, представени от склоновите насипи. Изграждат се от едроблокови несортирани материали. Пролувиалните материали са разнотърнести, несортирани и неиздръжани по разпространение в хоризонтална и вертикална посока. Те са изградени от чакъли, валуни и глинестопесъчливи отложения.

Кватернерните отложения залягат върху плиоценските седименти, представени от жълто-ръждиви глини със слоиста структура, глини с чакъли и чакъли с глинест запълнител. На отделни места докватернерната подложка е изградена от андезити.

Сезонните колебания на нивото на подземните води са значителни – през валежните периоди е на дълбочина 0-3 m от повърхността на терена, а през сухите – 3.5-5.6 m.

11. X РАЙОН: Обхваща северните склонове на Витоша и югоизточните на Люлин. Включва площи южно от кварталите „Княжево“, „Бояна“, „Драгалевци“ и „Симеоново“ и западно, и югозападно от кв. „Горна баня“. Изгражда се от андезити, андезитови брекчи, андезитови туфи и мергели. В склоновете на Витоша скалите са слабо напукани и практически неизветрели. Западно и югозападно от „Горна баня“ те са силно напукани. В тази част изветрителната кора на андезитите достига до 2 m.

В този район са формирани пукнатинен тип води с грунтов характер, които не образуват общ водоносен хоризонт.

12. XI РАЙОН: Обхваща заливната тераса на р. Искър. Районът е изграден от алувиални чакъли с гравийнопесъчлив запълнител, сред които се установяват глини, залягащи под формата на отделни лещи. Дебелината на чакълите е значителна. Нивото на подземните води варира от терена до дълбочина 1.00 m.

13. XII РАЙОН: Обединява няколко зони с развита свлачищна дейност. Това са: свлачището в кв. „Лагера“, свлачището в западния край на Лозенското възвишение, в ж.к. „Христо Михайлов“, североизточно от възвишението „Голяма Коньовица“, по десния бряг на река Суходолска, непосредствено до шосето за кв. „Гара Искър“, по северозападните и северните склонове на възвишението „Голяма мечка“.

Картата на повърхностните отложения има за цел да даде най-обща представа за разпространението на литоложките видове и техните свойства, както и на нивата на подземните води.

III. СЪСТАВ И СВОЙСТВА НА ДИСПЕРСНИТЕ СТРОИТЕЛНИ ПОЧВИ ОТ ТЕРИТОРИЯТА НА ГРАД СОФИЯ

Свойствата на глинестите отложения от територията на гр.София са обект на изследвания след 1960 г. /Петров, Илиева 1960, Илиева 1961, Гюров 1980, Беров 1996, Иванов 2003/. Успоредно с това са направени и много изследвания за нуждите на проектирането.

В настоящата глава са представени резултати от обобщаване на показателите за физични и механични свойства на почвите от кватернера и от Лозенецката свита на плиоцена. Използвани са данни от лабораторни изпитвания за геоложки проучвания на метрополитена, първични данни от научни разработки на Илиева и Петров и данни от лабораторни изследвания на автора по договор на Геоложкия институт на БАН и Метропроект. Освен традиционните стандартни изпитвания са добавени и резултати от акустични изпитвания, деформационни изпитвания в условия на едноосен и триосен натиск.

1. Кватернерни отложения

Най-близо до земната повърхност непосредствено под почвения слой, са развити смолници, които са с различна дебелина на територията на гр.София. Характерно за тях е наличието на органични вещества, понякога достигащи до 8 %. На цвят са тъмни, понякога черни. По механичен състав смолниците се отнасят към праховите и песъчливи глинни, със съдържание на глинеста фракция над 35 %, прахова 25-45 % и пясъчна – 11-35 %.

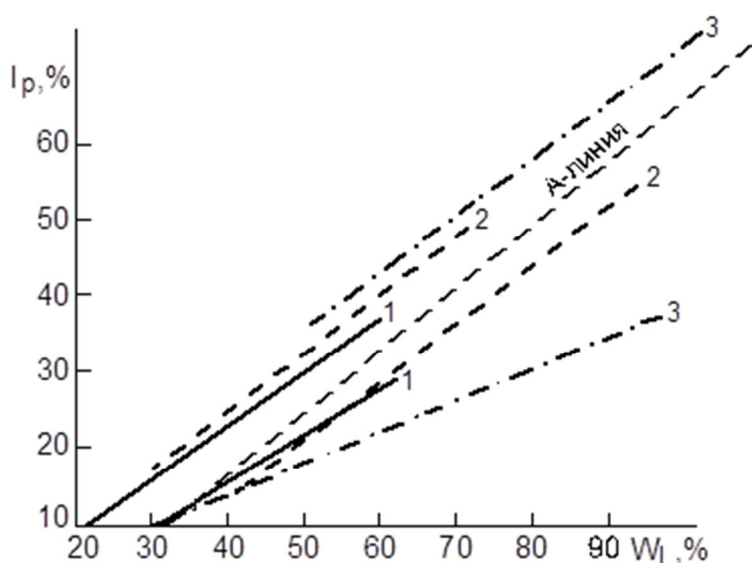
Кватернерните смолници се характеризират с ниска колоидна активност, високи стойности на показателя граница на протичане, големи вариации в стойностите за обемна плътност и естествено водно съдържание. През валежните периоди поглъщат и задържат вода, набъбват, променят консистенцията си до мекопластична и в съответствие с това намаляват и якостно-деформационните си свойства. Обемното набъбване, измерено в лабораторна обстановка след изсъхване до минимално водно съдържание на образците, е над 12 %, което ги характеризира като силно набъбващи строителни почви /СНиП 1983/. Имат ниски деформационни модули и ниски показатели за якост на срязване. Свойствата им се обясняват основно с наличието на органично вещество в тях.

Малката дълбочина на залягане и обемното непостоянство на смолниците ги прави неблагоприятни за строителството отложения. В сеизмично отношение са неустойчива основа със скорост на разпространение на надлъжните вълни v_p от 650 до 950 m/s в зависимост от водното съдържание

Тези почви попадат в група Е.

Кватернерните кафяви пясъчливи глини и глини са развити под смолниците или под почвения слой когато липсват смолници. Обхващат алувиални, делувиално-пролувиални и смесени по произход отложения, поради което и дебелината им варира в широки граници.

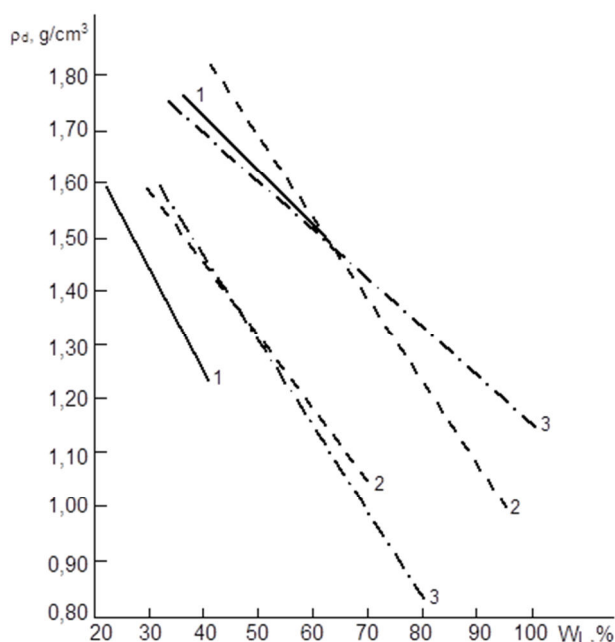
Между тях преобладават пясъчливите глини със съдържание на глинеста фракция 10 до 42 %, прахова 11 до 30% и пясъчна от 23 % до 78 %. Често пъти в тези отложения се съдържат варовити конкреции и чакълести зърна. Показателя на консистенция I_p варира в много широк диапазон и показва, че не трябва да се оставят открити в изкопи. Те са ненабъбващи строителни почви. В диаграмата на Казагранде $I_p = f(W_L)$, /фиг. 3.1., линии 1/ попадат в ясно оформена област.



Фиг. 3.1. Диаграма на Казагранде – $I_p = f(W_L)$;

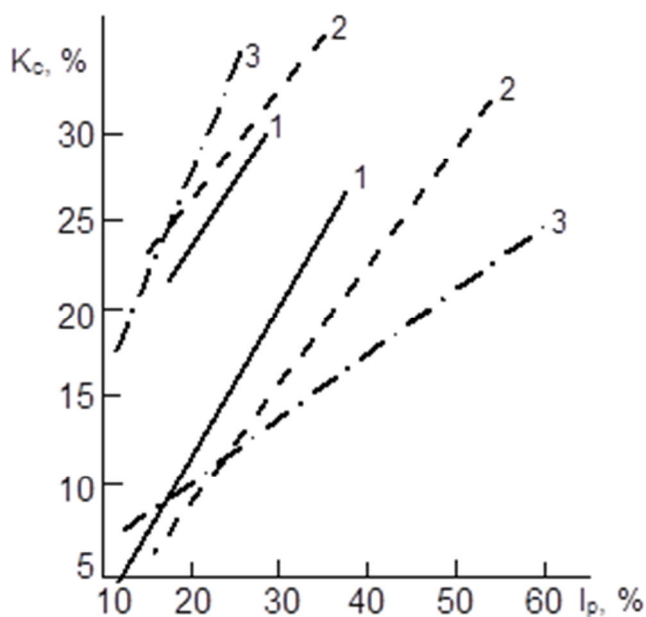
- 1- кватернерни кафяви глини и пясъчливи глини, смолници и тини;
- 2- плиоценски глинести отложения от жълто-кафявия комплекс;
- 3- плиоценски глинести отложения от сиво-синьо-зеления комплекс.

Добра зависимост се установява между обемната плътност на скелета ρ_d и границата на протичане W_L /фиг. 3.2., линии 1/ и между показателя на пластичност I_p и показателя за литификационно уплътняване K_c /фиг. 3.3., линии 1/.



Фиг. 3.2. Зависимост между обемната плътност на скелета ρ_d и границата на протичане W_L

- 1- кватернерни кафяви пясъчливи глини, смолници и тини;
- 2- плиоценски отложения от жълто-кафявия комплекс;
- 3- плиоценски отложения от сиво-синьо-зеления комплекс.



Фиг. 3.3. Зависимост между показателя на пластичност I_p и показателя на литификационно уплътнение K_c :

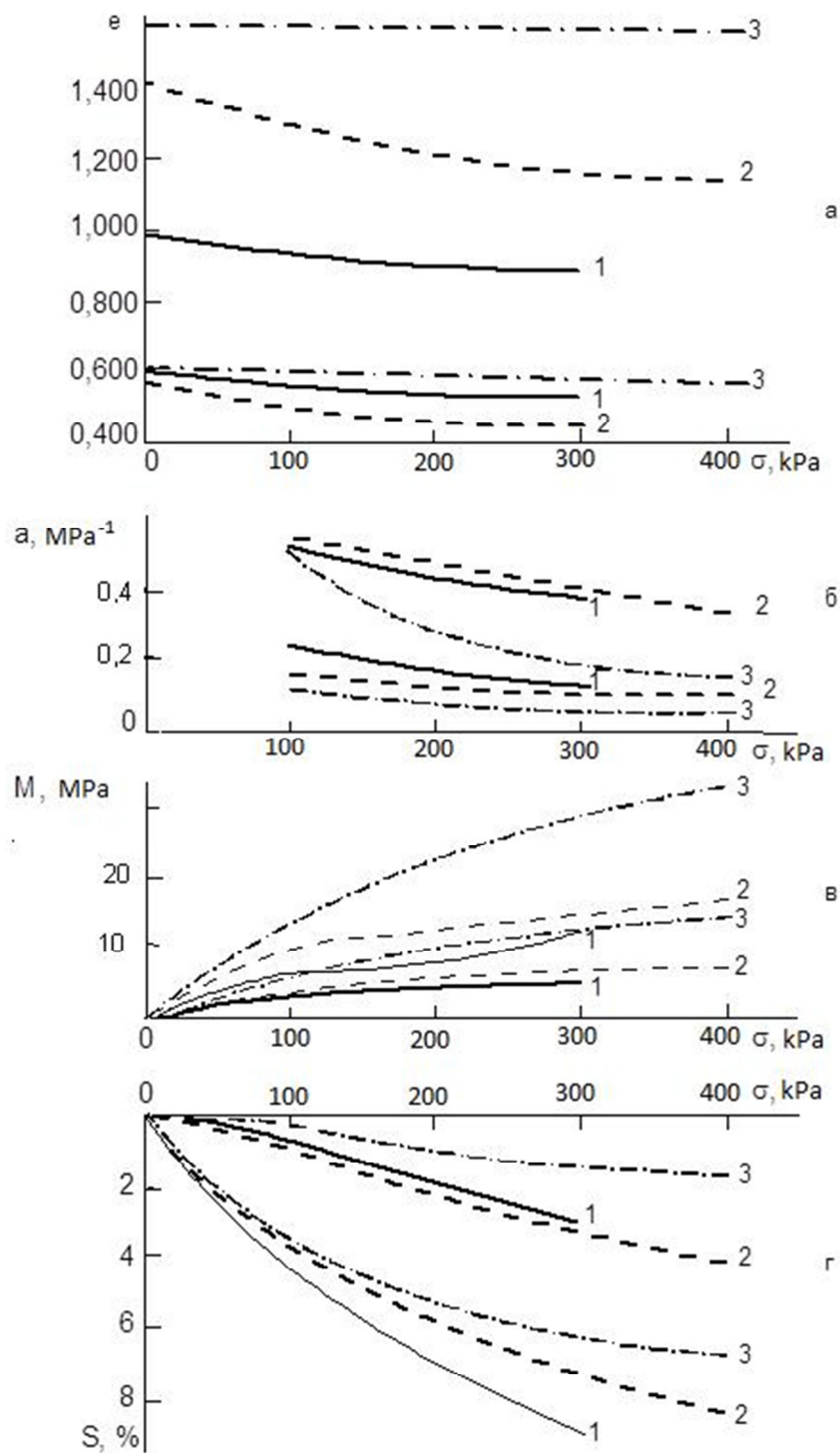
- 1- кватернерни кафяви глини и песъчливи глини, смолници и тини;
- 2- плиоценски отложения от жълто-кафявия комплекс;
- 3- плиоценски отложения от сиво-синьо-зеления комплекс.

Очевидно основни фактори при формирането на състоянието и свойствата на кватернерните глини са били глинестото и водното им съдържание. Колкото по-глинести са, толкова по-голяма е степента на литификационно уплътняване K_c . Отнасят се към нормално уплътнените седименти с $\sigma_b \approx \sigma_\gamma$. Предимно ненабъбващи са.

При степен на водонасищане S_r над 0,70 тези почви променят консистенцията си и намаляват носещата си способност. С това се обясняват големите вариации в стойностите на специфичното слягане S , деформационните модули M /табл.3.1., фиг.3.5, линии 1/ и якостните показатели /табл.3.2., фиг.3.6., линии 1/.

Таблица 3.1. Показатели на компресионните свойства на кватернерните и плиоценски глинести отложения на територията на гр. София.

Литоложка разновидност	Напрежение σ , kPa	Слягане S , %	Компресионен модул M , MPa	Коефициент на порите e	Модул на уплътняване a , MPa ⁻¹
Кафяви песъчливи глини, Q	100	0.75 ÷ 4.30	3.8 ÷ 6.5	0.565 ÷ 0.934	0.24 ÷ 0.51
	200	2.05 ÷ 6.70	4.4 ÷ 8.8	0.544 ÷ 0.886	0.18 ÷ 0.43
	300	3.00 ÷ 9.00	5.0 ÷ 12.7	0.530 ÷ 0.844	0.12 ÷ 0.37
	400	3.70 ÷ 10.80	6.3 ÷ 18.5	0.519 ÷ 0.808	0.08 ÷ 0.27
Жълтокафяви песъчливи глини, N ₂	100	0.90 ÷ 3.82	4.2 ÷ 10.0	0.480 ÷ 1.273	0.16 ÷ 0.54
	200	2.10 ÷ 5.47	4.8 ÷ 11.5	0.459 ÷ 1.218	0.14 ÷ 0.46
	300	3.25 ÷ 6.75	5.4 ÷ 12.0	0.444 ÷ 1.170	0.13 ÷ 0.40
	400	4.05 ÷ 8.50	6.7 ÷ 13.4	0.427 ÷ 1.133	0.12 ÷ 0.32
Сиво-синьо-зелени прахово песъчливи глини N ₂	100	0.45 ÷ 3.80	4.8 ÷ 14.2	0.583 ÷ 1.567	0.13 ÷ 0.50
	200	0.95 ÷ 5.20	7.3 ÷ 21.2	0.574 ÷ 1.552	0.08 ÷ 0.26
	300	1.50 ÷ 6.00	11.0 ÷ 29.6	0.566 ÷ 1.540	0.06 ÷ 0.19
	400	1.90 ÷ 6.85	14.0 ÷ 31.8	0.559 ÷ 1.530	0.05 ÷ 0.15

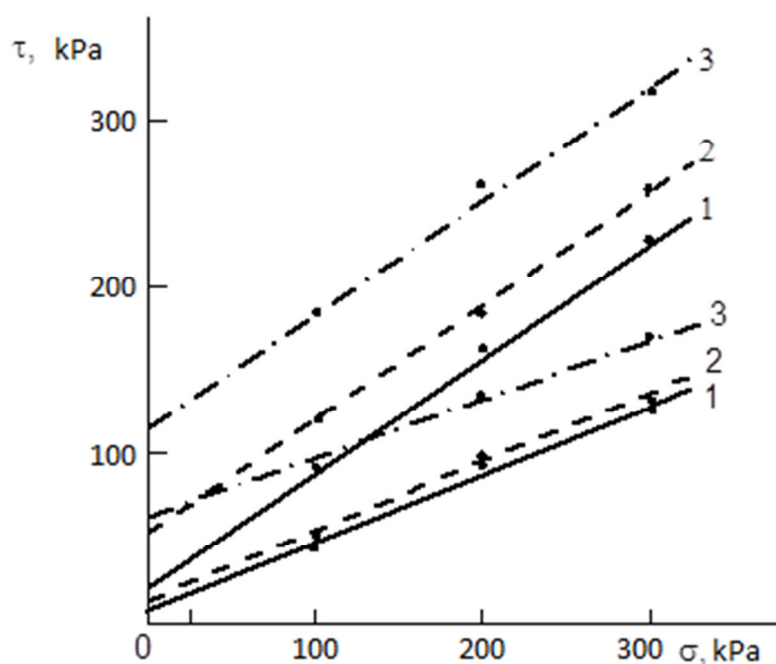


Фиг. 3.5. Компресионни свойства на глинестите отложения по минимални и максимални стойности на показателите :

а)- зависимост $e = f(\sigma)$; б)- зависимост $a = f(\sigma)$; в)- зависимост $M = f(\sigma)$; г)- зависимост $S = f(\sigma)$; 1 - кватернерни кафяви глини и пясчливи глини и смолници; 2 - плиоценски глинести отложения от жълто-кафявия комплекс; 3 - плиоценски глинести отложения от сиво-синьо-зеления комплекс.

Таблица 3.2. Показатели на якостните свойства на кватернерните и плиоценски глинести отложения на територията на гр. София

Литоложка разновидност	Кохезия C , kPa	Ъгъл на вътрешно триене ϕ , deg	Якост на натиск kPa	Якост на опън kPa
Черни органични прахови глини (смолници), Q	20 ÷ 25	18 ÷ 25	-	-
Кафяви пясъчливи глини, Q	5 ÷ 45	21 ÷ 23	-	-
Жълтокафяви пясъчливи глини, N_2	12 ÷ 55	22 ÷ 34	143 ÷ 280	11 ÷ 131
Сиво-синьо-зелени прахово пясъчливи глини N_2	30 ÷ 150	16 ÷ 30	174 ÷ 1900	16 ÷ 139



Фиг. 3.6. Якост на срязване на глинестите отложения – по минимални и максимални стойности на показателите:
1- кватернерни кафяви глини и пясъчливи глини и смолници;
2- плиоценски отложения от жълто-кафявия комплекс;
3- плиоценски отложения от сиво-синьо-зеления комплекс.

Наблюдавани са случаи на много малки скорости на разпространение на надлъжни сеизмични вълни /около 430 m/s/ при разновидности с малка обемна плътност $\rho_d = 1.69 \text{ g/cm}^3$ и много по-високи – до 1380 m/s за сухите плътни разновидности. Попадат в група С по обемна плътност и скорости на разпространение на сеизмичните вълни.

В североизточната част на София /квартал Орландовци/ са установени по сондажен път и тинести отложения. Те са типични недоуплътнени седименти с голяма слегваемост. Като маломощни прослойки в тините са установени и торфени почви със специфичните им неблагоприятни свойства. И едните и другите са неблагоприятна основа за строителство.

Кватернерните пясъци и чакъли са предимно с алувиален произход по терасите на реките, но се срещат и делувиялни и пролувиални в подножията на планините. Кватернерните чакъли са предимно с глинест пълнител в твърда консистенция, което обуславя високите якостни характеристики. В изкопи държат стабилни вертикални откоси до 3–4 m. Кватернерните пясъци имат прахова компонента и често са структурирани. Това е причина понякога да показват кохезия. Връзките в кватернерните несвързани отложения са неустойчиви на водни въздействия. Попадат в група С.

2. Плиоценски отложения

2.1. Горен жълто-кафяв комплекс

В горния жълто-кафяв комплекс на Лозенецката свита преобладават глинестите отложения – песъчливи глинени и прахови глинени. Те се проследяват от пространствено неиздържани песъчливи и чакълести маломощни пластови и лежи.

Плиоценските чакъли от горния комплекс не се различават по свойства съществено от кватернерните чакъли. Пясъците и глинестите пясъци в плиоцена са по-силно структурирани от тези в кватернера. Уплътнени са. Често се срещат като прослойки в глинестите почви със същата възраст.

Глинестите отложения от жълто-кафявия комплекс са представени от песъчливи и прахови глинени с преобладаване на песъчливите глинени. Плиоценските жълто-кафяви глинени проявяват голяма колоидна активност, често набъбват с разлистване и показателят за свободно набъбване S_n достига до 6 % /табл. 3.3./. В диаграмата на Казагранде тези глинени попадат в областта, ограничена от две почти успоредни прави около А-линията /фиг. 3.1., линии 2/. Корелации са установени между обемната плътност на скелета и границата на протичане /фиг. 3.2., линии 2/ и между показателя на пластичност и коефициента на литификационно уплътнение /фиг. 3.3., линии 2/. В тези почви се наблюдават пластови и микропукнатини. Якостнодеформационните свойства се влияят силно от глинестото и водното съдържание /Петров, Илиева, 1960/, показателите им варират и не се различават съществено от тези на кватернерните кафяви глинени /табл. 3.1. и 3.2., фиг. 3.5. и 3.6., линии 2/. Не се установява ясна зависимост между якостнодеформационната способност и плътността. Често разновидности с по-малка плътност са с по-добри показатели. Това са нормално уплътнени седименти $\sigma_b \approx \sigma_v$. При изваждане от масива се разуплътняват до 3-4 %. Якостта на едноосов натиск е до 300 кРа за разновидностите с ниско естествено водно съдържание /табл. 3.4./. Попадат в група С.

Таблица 3.3.							
Показатели за набъбване на плиоценски отложения от територията на София							
Литоложка разновидност	Място на вземане	ρ_n	w_n	S_n	σ_n	w_n	Състояние
		g/cm ³	%	%	kPa	%	8
<u>Горен комплекс</u>							
кафява прахова глина	с. №1540, пр. №33 дълб. 12,2-12,5 м	1,79	39	6,00	103	44	Естествено
сива прахова глина	с. №1555, дълб. 21 м	1,92	29	2,00	10	32	Естествено
сива прахова глина	с. №1533, пр. №19, дълб. 3,6-4,2 м	1,74	45	7,30	180	52	Естествено
<u>Долен комплекс</u>							
тъмно сива прахова глина	с. №1533, пр. №20, дълб. 8,9-9,7 м	1,67	46	0,12	10	46	Естествено
- " -	- " -	- " -	- " -	9,90	-	53	Нарушено
тъмно сива прахова глина	с. №1515, пр. №1, дълб. 13,6-13,6 м	1,85	30	7,40	95	35	Естествено
маслено-зелена прахова глина	с. №1543, пр. №27 дълб. 24,4-24,8 м	1,78	43	0,80	15	44	Естествено
- " -	- " -	- " -	- " -	6,50	-	56	Нарушено
сиво-синя прахова глина	с. №1529, пр. №12, дълб. 18,3-18,9 м	1,81	25	0,50	-	25	Естествено
- " -	- " -	- " -	- " -	8,10	-	49	Нарушено

Таблица 3.4.						
Показатели за якостните и деформационни свойства в условия на едноосов натиск на плиоценските отложения от територията на София						
Литоложка разновидност	Място на вземане	ρ_n	e	w_n	R_H	N
		g/cm^3	-	%	kPa	-
<u>Горен комплекс</u>						
кафява прахова глина	с. №1551, дълб. 7,40-7,60 м	2,06	0,50	13,00	280,00	0,10
<u>Долен комплекс</u>						
сиво-син едър пясък	с. № 1516, пр. № 15, дълб. 13,60-13,90 м	1,80	0,55	6,00	280,00	0,06
тъмно сива прахова глина	с. № 1543, пр. № 29, дълб. 26,8-27,1 м	1,63	1,39	46,00	1930,00	0,10
сива прахова пес. глина (алевролит)	с. № 1543, пр. № 23, дълб. 13,1-13,5	1,75	0,54	13,00	1200,00	0,13
сива прахова глина (алевролит)	с. № 1540, пр. № 36, дълб. 25,0-26,3 м	1,78	1,05	40,00	1900,00	0,21

Хумоподобните глинни от горния плиоценски комплекс са фино дисперсни, слабо деформируеми, с високи стойности на деформационните модули. Проблем при тях е набъбването. Отличават се с подчертана набъбваща способност /Петров, Илиева, 1960/ и сравнително голямо напрежение на набъбване /табл. 3.3./. Скоростта на разпространение на надлъжните сеизмични вълни варира в широки граници – от 346 до 1460 m/s табл. 3.5./. Попадат в група С.

Таблица 3.5.

Показатели за динамичните деформационни свойства на кватернерните и плиоценски отложения от територията на гр. София

Литоложка разновидност	Място на вземане	ρ_n	w_n	e	Vp	Vs
-	-	g/cm ³	%	-	m/s	m/s
<u>Кватернер</u>						
смолница	с. Филиповци	1,84	29	0,92	675	-
кафява песъчлива глина	с. Биримирци	1,92	24	0,75	790	-
- " -	Хладилника	2,04	18	0,56	1380	-
<u>Плиоцен</u>						
<u>Горен комплекс</u>						
жълто-кафява прахова глина	Тухларна фабрика	1,91	28	0,82	1460	-
- " -	р. Суходолска	1,76	22	0,88	345	-
сива прахова глина	Овча купел	1,87	23	0,78	644	-
жълт прахов пясък	Центъра	1,81	21	0,78	545	306
<u>Долен комплекс</u>						
тъмно сива прахова глина	Центъра	1,78	43	1,11	682	365
- " -	- " -	1,63	46	1,39	1155	764
сива прахова глина	- " -	1,78	40	1,05	1223	815
сиво-син прахов дребен пясък	- " -	1,80	30	0,96	698	409
- " -	- " -	1,93	14	0,61	1385	713

2.2. Долен сиво-синьо-зелен комплекс

Долният комплекс е представен от дребно зърнести и средно зърнести пясъци, глинести пясъци, песъчливи и прахови глини, с преобладаване на последните. Заляга под горния комплекс, с неясна граница помежду им. На места /ул. Софроний и североизточните части от територията на града/ се установява направо под кватернерните чакъли. Най-често отложенията му са прахови глини със сив цвят /от светло до тъмно сиви/. Между сравнително дебелите слоеве от прахови глини са развити по-тънки прослойки от пясъци, също сиви на цвят.

Пясъците от долния плиоценски комплекс са преобладаващо дребно зърнести или прахови. По коефициент на порите се отнасят към средно плътните $e=0,6-0,96$. В тях се наблюдава привидна кохезия, дължаща се на праховата фракция и на слабата карбонатна спойка. Класифицират се в група С.

Глинестите отложения от долния плиоценски комплекс могат да се диференцират по визуални признаци като тъмно сиви до черни прахови и песъчливи глини; сиво-сини плътни прахови глини; сиво-зелени мергелоподобни прахови глини и масленозелени шистозни прахови глини, обикновено с малка плътност. Всички разновидности се прослоени с фини /дебелина до 2-3 mm/ пясъчни прослойки, с ясно изразена пластова напуканост.

Тъмно сивите до черни прахово-песъчливи и прахови глини са със съдържание на прахова фракция до 70 %. Това са най-плътните отложения от комплекса с обемна плътност на скелета повече от 1.60 g/cm^3 имат ниско водно съдържание, не проявяват склонност към набъбване. Имат високи деформационни модули, ниско специфично слягане S е около 2.5 % при $\sigma = 200 \text{ kPa}$, а модулите M са със стойности над 10 MPa/ и високи якостни показатели. Попадат в група С и В.

Сивите прахови глини от долния комплекс имат високи стойности на атерберговите граници и ниски показатели на пластичност – попадат далеч под А-линията на Казагранде, което е типично за праховите потенциално слягащи разновидности /фиг. 3.1./. Водоустойчиви са, не набъбват, не взаимодействат с вода в естествено състояние. След разрушаване на структурата им, проявяват набъбващи свойства /табл. 3.3./. Показателят на техногенна нарушеност $\sigma_b/\sigma_\gamma \approx 1$. Имат голяма порестост. Независимо от това проявяват малка слегваемост и високи деформационни модули. При изпитвания на едноосен натиск по-сухите показват якост до 1,9 MPa /табл. 3.4./.

Сиво-сините прахови глини от долния комплекс имат зърнеста структура и често се описват като прахови пясъци. Свойствата им са подобни на предходните глини – малка слегваемост, голяма якост и способност да набъбват след разрушаване на естествената им структура.

Сиво-зелените прахови глини приличат по свойства на сиво-сините, но показват брекчозна текстура. Имат ниски стойности за показателя σ_b/σ_γ , малка слегваемост и високи стойности на динамичните им показатели /табл. 3.5./.

Маслено зелените прахови глинени от долния комплекс имат шистозна текстура, малка плътност, високо водно съдържание. Независимо от това за тях се установява линейна зависимост $\epsilon = f(Ig\sigma)$. Очевидно деформациите са за сметка на разуплътняване при изваждане от масива. Разрушаването им става по едва забележими пясъчни прослойки, които придават характерна анизотропност на плътната хомогенна глинеста маса. При разкриване в изкопи и оставени на въздействието на атмосферните агенти, маслено-зелените глинени изсъхват, загубват естествените си структурни връзки, след няколкократно изсъхване и овлажняване те се разпадат и превръщат в несвързана прахообразна маса.

От изложеното до тук става ясно, че най-голямо разнообразие в сравнение с другите почвени разновидности имат глинестите почви от долния плиоценски комплекс. В широки граници варират механичният им състав, обемната плътност, водното съдържание и границите им на пластичност. На обобщаващите графики /фиг. 3.1., 3.2., 3.3., 3.5. и 3.6. криви 3/ полето на стойностите на показателите им е най-широко в сравнение с всички разглеждани разновидности. Най-вероятно процесите на литификация и гравитационно уплътняване са били възпрепятствани от бързото втвърдяване на скелета, който е останал порест, но с преобладаване на микропори, в които се задържа имобилизирана вода. Тази вода няма участие в якостно-деформационните свойства. Тя играе решаваща роля, след като се намеси фактор, който може да разруши здравите естествени контакти между частиците. Такъв фактор може да бъде механичен товар, изветрителни агенти, техногенни процеси.

Тези глинени се деформират предимно с участие на еластичните деформации. При строителство върху такива отложения, трябва да се отдава първостепенно значение на механичните въздействия, които биха могли да нарушат естествената им структура. Слаби места, по които започва въздействието на факторите, променящи състоянието и поведението, са пластовите пукнатини, неориентираните литогенетични макропукнатини и фините пясъчни прослойки.

Съществен проблем при оценката на глинестите отложения от територията на град София и особено на тези от долния плиоценски комплекс е адекватното отразяване на свойствата им. Не са редки случаите когато при лабораторните изпитвания се получават големи модули - над 10 МПа, а консистенцията им е меко пластична. Изчислителното съпротивление на тези почви не може да се определи въз основа на коефициента на порите, както това се прави при кватернерните глинени. Уеднаквяването на плиоценските и кватернерни глинени, при което изчислителното съпротивление се е правило въз основа на коефициента на порите е довело до сериозно презапасяване при проектиране на плоските фундаменти. След допълнителен анализ, известно е, че при оразмеряване на строителните съоръжения доминиращо значение се отдава на якостнодеформационните свойства.

IV. МИНЕРАЛЕН СЪСТАВ И СТРУКТУРА НА КВАТЕРНЕРНИ И ПЛИОЦЕНСКИ ГЛИНИ ОТ ТЕРИТОРИЯТА НА ГР. СОФИЯ

1. Общи бележки

Настоящото изследване е насочено към най-горните части на Лозенецката свита, които се явяват среда и основа за инженерните съоръжения. Изследвани са 30 броя проби с помощта на рентгено структурни анализи и електронно микроскопски снимки за уточняване на минералния състав и структурните особености, влияещи на поведението на глините до дълбочина 20 m. В текста са дадени резултати от представителни образци.

2. Методика

Минералният състав на глинестите почви е изследван чрез рентгено-структурен анализ. Изследвани са тридесет пробни образци. Пробите са взети от щурфове, предназначени за проучване на земната основа на сгради през последните години. Разчитането на някои от диаграмите беше затруднено от наличието на железни съединения. Дадени са най-представителните от получените резултати.

Някои от пробите са изследвани по договор на ЛГСЗОТ на БАН, а други – в лабораторията по инженерна геология в Техническия университет в град Тампере, Финландия. За определяне на глинестите минерали и в двете лаборатории пробите са подготвени върху неутрално на рентгенова дифракция стъкло и са изпитани при следните три условия:

- Проби, утаени във вода с цел ориентиране на глинестите минерали.
- Проби, обработени с глицерол.
- Проби, нагreti до 600 °C за поне 1 час.

За обогатяване на пробата най-вече с глинести минерали е използвана фракция с диаметър, по-малък от 0.002 mm.

За определяне на структурата на глинестите почви е използван електронен микроскоп. За да се запази естествената им структура, пробите са предварително обработени. Изследванията са извършени по договор на Геоложкия институт на БАН.

3. Резултати от изследванията за минерален състав.

Скалообразуващи (първични) минерали

Глинестите почви се получават в резултат на физично и най-вече химично изветряне на скалите. Поради това в изследваните проби едновременно с глинестите минерали са открити и скалообразуващи минерали в различно количество. Скалообразуващите минерали в глините се наричат още първични. За определянето им не е необходимо нагряване или насищане на пробата с глицерол. Тези минерали са определени върху пробни образци, утаени във вода. Най-често срещаните скалообразуващи минерали от изследваните глинести почви са определени на базата на d-стойности, посочени по-долу:

Плагиоклаз - 3.18 - 3.17 Å, 4.02 Å, 6.32 Å

К- фелдшпат (микроклин) - 3.24 – 3.21 Å,

Кварц - 3.33 Å, 4.22 Å

Амфибол - 8.3 Å

Три-октаедрична слюда (биотит) - 10.0 Å, 3.3 Å, 1.54 Å (близо до триоктаедричен илит)

Дву-октаедрична слюда (мусковит) – 9.9 Å, 4.9 Å, 4.47 Å, 1.50 Å (близо до дву-октаедричен илит)

Карбонати -3.0 - 2.9 Å

Гипс – 4.29, 2.87 Å (може да присъства също и на 3.06, 2.68, 2.07 Å)

В случай на рефлекторен връх на 3 Å, пробата е обработена с 10 % HCl за да се докаже присъствието на карбонати в почвата.

Глинести минерали

При определянето на глинестите минерали са взети пред вид някои от техните основни свойства. (*Grim 1961, 1968, Millot 1970*). Комбинацията от един октаедричен и един тетраедричен слой обуславя структурата на минералите от групата на каолинита /от вида 1:1/. Групирането на два тетраедъра от силициеви слоя от двете страни на централен октаедрен слой е познато като структура 2:1. Такава е структурата на минералите от групата на смектита и на хидрослюдите /илит/. При хлоритовите минерали има още един октаедричен слой между пакети от типа 2:1. Така се получават два октаедрични и два тетраедрични слоя. Такава структура се описва като 2:2 слоеста структура.

При вермикулита съществува един допълнителен октаедричен слой състоящ се от хидратиран Mg, който не е кристализирал.

Най-важната информация за глинестите минерали може да бъде определена чрез рентгенова дифракция, приложена върху ориентирана, въздушно изсъхнала проба. Определянето на d-стойността на пиковите в дифрактограмите показва основните групи минерали, а височината на пиковите показва тяхното приблизително съотношение.

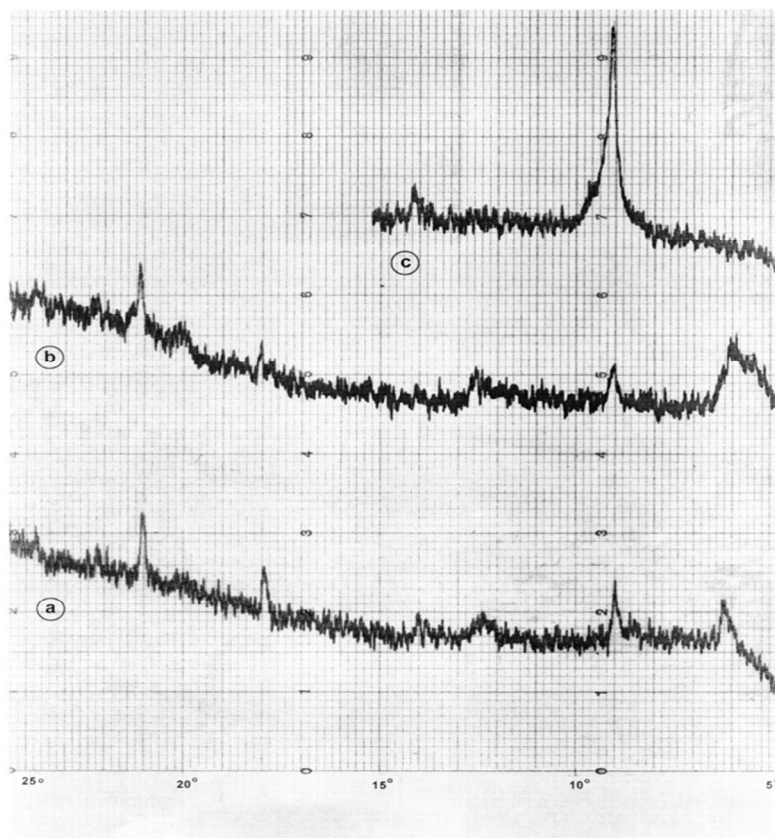
Пространството между основните равнини на пакетната структура на глинестите минерали е много важно за класификацията на глинестите минерали и за определянето им посредством рентгеноструктурен анализ. При различните минерали това разстояние се променя различно в резултат на реакцията на химическо въздействие, на нагряване или на промяна на водното съдържание.

Проба 1 е взета от дълбочина 7.20 – 7.40 m в квартал Лозенец от V-ти район в картата на Q и N₂ отложения от територията на град София. Глинестата почва е от горния комплекс на плиоцена. Дифрактограмите за изследваната проба са дадени на фигура 4.1. Според дифрактограмата се откриват следните скалообразуващи минерали: плагиоклаз, К-фелдшпати, кварц и карбонати. Слюденият минерал е биотит или 3-октаедричен илит.

На диаграмата на ориентираната проба от същата почва се отбелязват пикове на 3.55 Å and 7.13 Å, каквито имат минералите хлорит и каолинит. На диаграмата на нагreti проби от същата почва тези пикове отсъстват. От своя страна хлоритовият минерал би трябвало при нагряване да отбелязва пик на 14 Å. Това дава основание да се счита, че пиковите на 3.55 Å and 7.13 Å показват наличие на каолинит.

Пикът на 14 Å на диаграмата на нетретирана проба би могъл да бъде пик на минералите вермикулит, смектит или хлорит. При третиране на пробата с глицерол този пик се измества отчасти на 17 Å, което предполага наличие на смектит и отчасти остава на почти същото място /малко по-ниски градуси/. Това е доказателство, че в почвената проба 1 има наличие на вермикулит или хлорит, по-вероятно вермикулит.

Дифрактограмата след нагряване на проба от същата почва доказва окончателно наличието на вермикулит – пиковите се преместват на 9.81 Å. Това означава, че рефлексията на 14 Å на нетретираната почвена проба принадлежи и на двата минерала смектит и вермикулит.



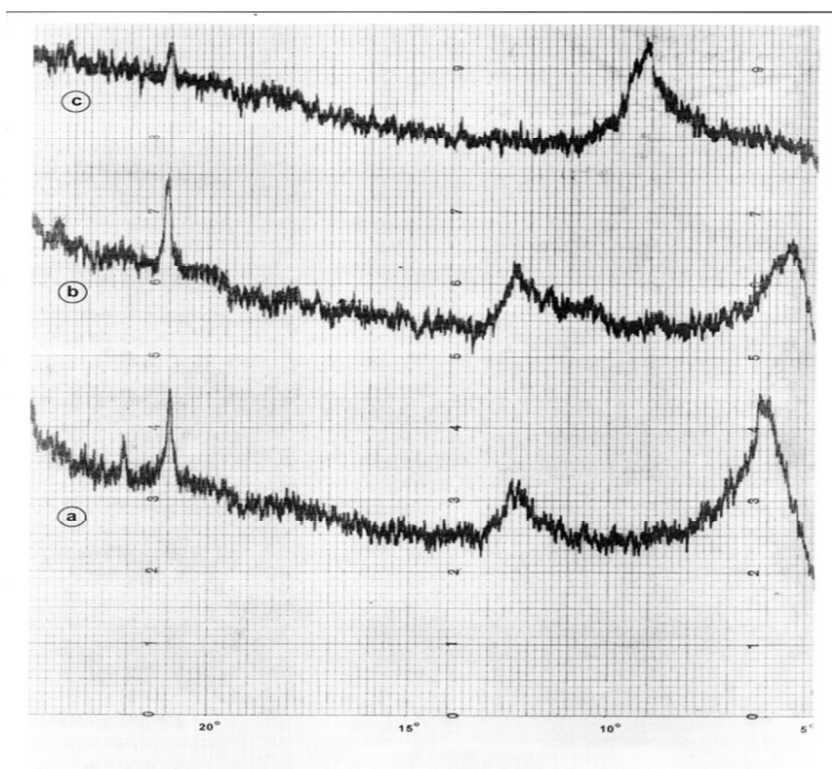
Фиг. 4.1. Дифрактограма на проба 1: а) утаена във вода, б) третирана с глицерол, с) нагрята до 550°.

Проба 2 е взета от дълбочина 6.00 – 6.30 m от жилищен комплекс „Младост“ от VI-ти район на картата на Q and N₂ отложенията на територията на град София. Почвата е от долния комплекс на плиоцена. Дифрактограмите са дадени на фигура 4.2. Дифрактограмите показват наличието на следните скалообразуващи минерали – К-фелдшпат, плагиоклаз, кварц и неголеми количества карбонати.

Пиковите на 3.55 Å и 7.13 Å дават основание да се предположи наличие на каолинит или хлорит. Нагряването на проба от същата почва разрушава тези пикове и потвърждава наличието на минерала каолинит, като изключва минерала хлорит в почвената проба 3.

На дифрактограмата на нетретирана проба се отбелязва пик на рефлексия на 14 Å. След третиране с глицерол този пик се премества малко до 16.35 Å. Това означава, че смектитов минерал в чист вид не е представен в тази проба (пикът на смектит се премества на 18 Å). Възможно е присъствието на смесенослойни минерали като смектит-вермикулит. Дифрактограмата на пробата след нагряване доказва че и двата минерала смектит и вермикулит могат да имат присъствие най-вероятно като смесенослойни минерали. Пикът се премества от 14 Å до 9.8 Å при нагряване.

Тъй като пик на 10 Å на дифрактограмата на нетретирана почва не се появява, се счита, че слюдени минерали в проба 2 не се откриват. Възможно обяснение е, че всички биотитови минерали са се превърнали във вермикулит.

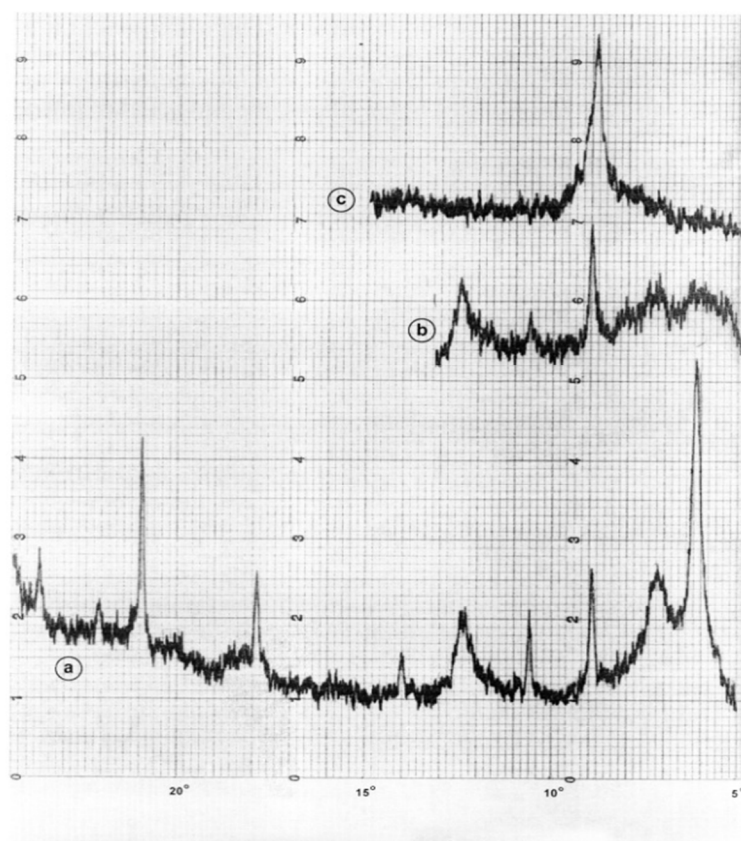


Фиг. 4.2. Дифрактограма на проба 2: а) утаена във вода, б) третирана с глицерол, в) нагрята до 550°.

Проба 3 е взета от дълбочина 2.50-2.70 m от жилищен комплекс „Стрелбище“ от IV-ти район на картата на Q и N₂ отложения та територията на гр. София. Почвата е с възраст кватернер. Дифрактограмите са дадени на фигура 4.3. Нетретирана, тази проба показва присъствие на скалообразуващите минерали плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц, слюда, амфибол и малко карбонати. При изследването на пробата в интервала между 2 θ 55 и 65, резултатите показват, че слюденият минерал в тази почва дава пик на 1.54 Å. Това означава, че слюденият минерал е биотит или 3-октаедричен илит.

Каолинитът е основният глинест минерал в тази проба според дифрактограмата ѝ.

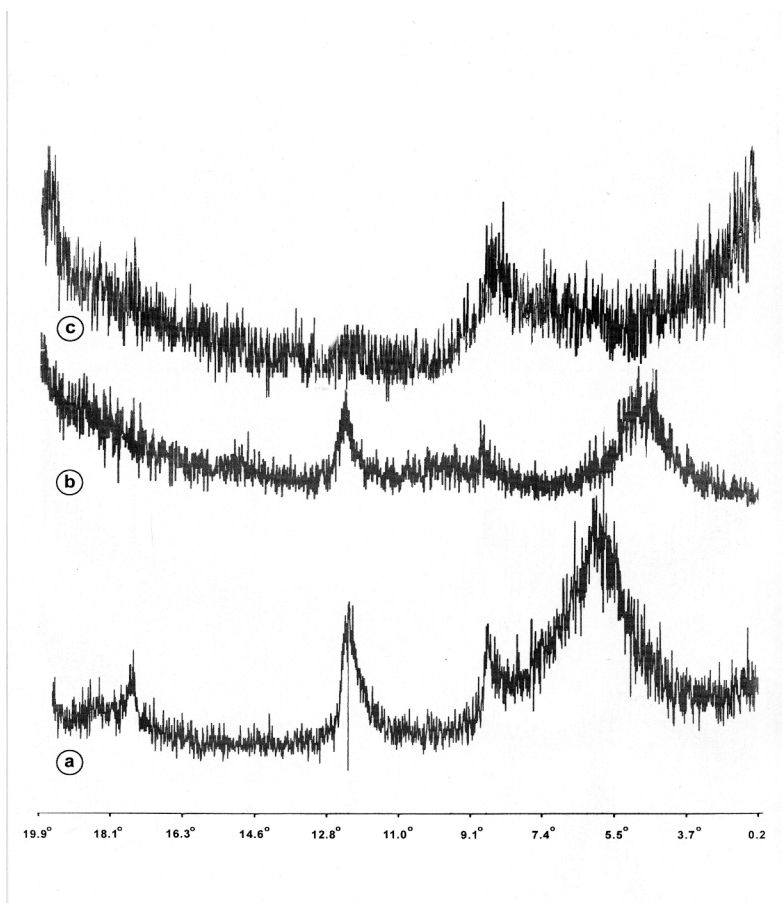
На диаграмата на нетретирана проба се наблюдават пикове на 12.26 Å и 14.47 Å. След третиране с глицерол, пикът от 14.47 Å намалява интензитета си и се разсейва. Същото се случва и с пика от 12.26 Å. След нагряване на пробата се появява много остър пик на 9.81 Å. Това е пикът на слюдения минерал, който е увеличил интензитета си. Всичко това означава, че пикът на 12.26 Å показва наличие на смесенослоен биотит-вермикулит. Слюденият минерал най-вероятно е биотит, защото се променя до вермикулит вместо до илит. Пикът на 14.47 Å е чист вермикулит. Сметитов минерал не е открит.



Фиг. 4.3. Дифрактограма на проба 3: а) утаена във вода, б) третирана с глицерол, с) нагрята до 550°.

Проба 11 е взета от дълбочина 13.30 – 13.60 m от сондаж 1515 (станция „Сердика“ на метрополитена) от IV-ти район от картата на Q и N₂ отложения на територията на град София. Цветът на почвата е определен визуално на тъмно сивозелен до маслено-зелен. Представя т. нар. долен сивозелен комплекс на Pl₂(N₂). Дифрактограмите на тази почвена проба са дадени на фигура 4.4. Скалообразуващите минерали са представени от кварц, плагиоклаз, К-фелдшпат и биотит.

В областта на рефлексия на глинестите минерали е установено наличие на следните минерали смектит, каолинит, дву-октаедричен слюден минерал(илит или серицит) и следи от смектит-хлоритови смесено-слойни минерали. Изследванията в областта между 55 и 65 градуса показват, че в тази проба присъстват и три-октаедрични, и дву-октаедрични слюдени минерали. Дву-октаедричният слюден минерал е серицит или илит, тъй като са изветрителен продукт на К-фелдшпат, а три-октаедричният слюден минерал е неизветрял биотит. Индикация за наличие на малко количество смектит-хлоритови смесенослойни минерали е малкият пик на рефлексия на около 12 Å на диаграмата на нагрятата проба.

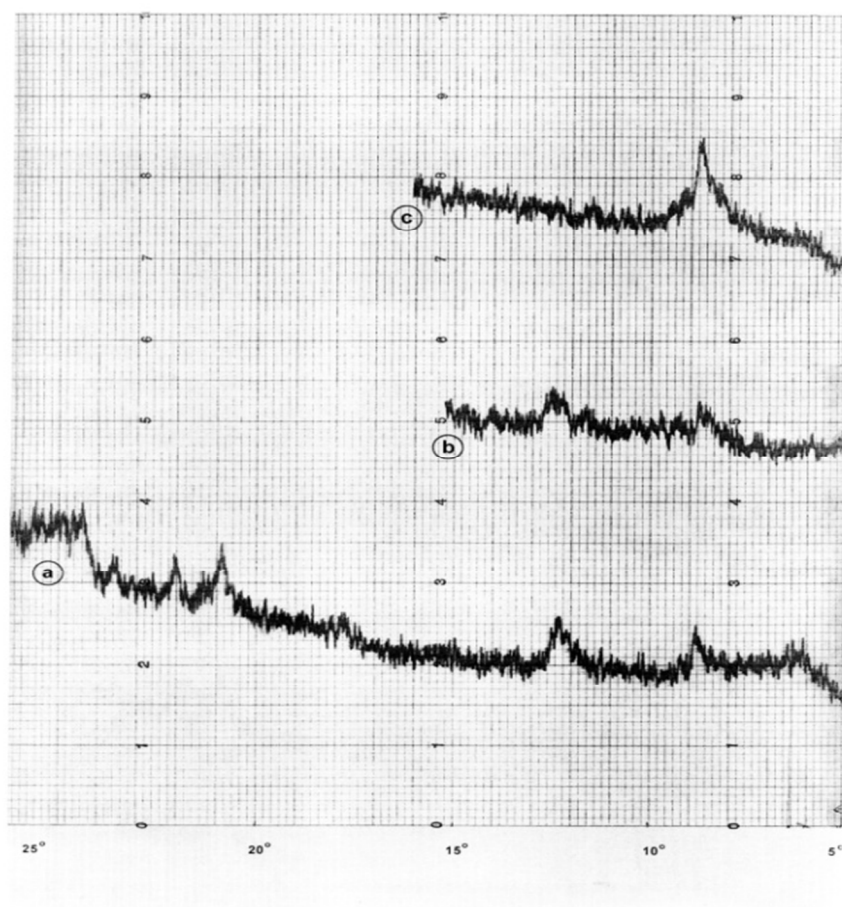


Фиг. 4.4. Дифрактограма на проба 11: а) утаена във вода, б) третирана с глицерол, в) нагрят до 550°.

Проба 5 е взета от дълбочина 17.60 – 18.00 m от сондаж 12 (метро станция „Стадион Васил Левски“) от IV-ти район на картата на Q и N₂ отложения на територията на град София. Цветът и визуално е тъмно сив до графитено сив. Почвената проба представя долния N₂ комплекс. Дифрактограмите са дадени на фигура 4.9.

Скалообразуващите минерали в тази почвена проба са кварц, плагиоклаз, биотит и много малки количества К-фелдшпат и карбонат.

Глинестите минерали са каолинит, дву-октаедрична слюда /серицит или илит/, смектит и вермикулит. За уточняване на слюдените минерали е направено допълнително изследване в областта от 55 до 65°. Според дифрактограмата на това изследване почвената проба съдържа и двете слюди – биотит и илит /серицит/. Смектитовият и вермикулитов минерал имат най-малко присъствие в тази проба.



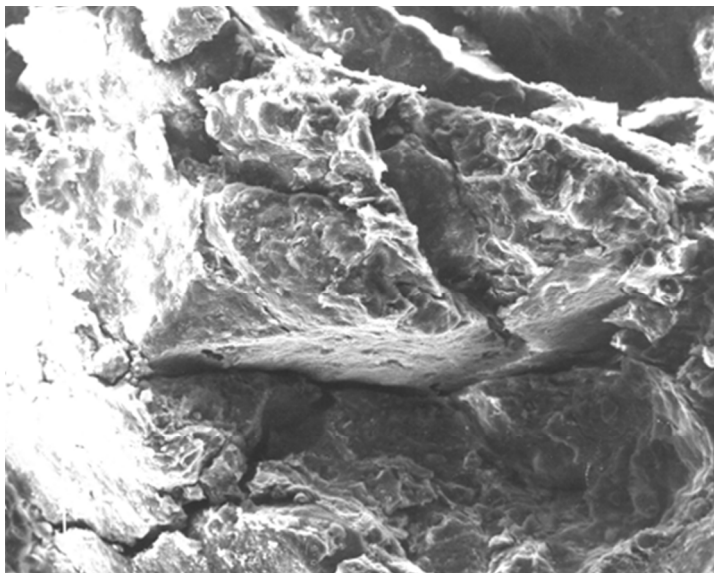
Фиг. 4.9. Дифрактограма на проба 5: а) утаена във вода, б) третирана с глицерол, с) нагрята до 550°.

4. Резултати от изследванията за структура.

Минералният състав е един от факторите, определящ свойствата на глинестите седименти. Друг фактор, обуславящ физичните и механични свойства е микро структурата. За определяне на микроструктурите на изследваните глинести почви са използвани класификациите на Осипов /Осипов, 1979/ и Соколов /1988/. Приложени са пет броя електронно

микроскопски снимки на характерни представители на глинестите отложения от територията на София.

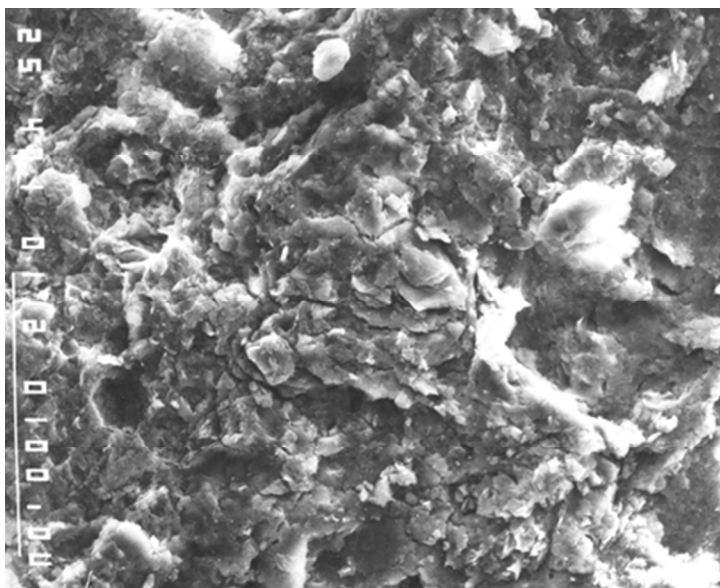
Електронните снимки показват, че кватернерните седименти имат рехавата структура, (Осипов, 1979). Частиците с пясъчни и прахови размери са с различна форма и са обвити с неравномерно разпределена глинеста маса (фигура 4.10). Формираните водонеустойчиви коагулационни контакти обясняват взаимодействието на тези глини с вода и влиянието ѝ върху якостните им свойства.



Фиг.4.10.
Електронномикроскопска снимка на кватернерна кафява пясчлива глина, x160.

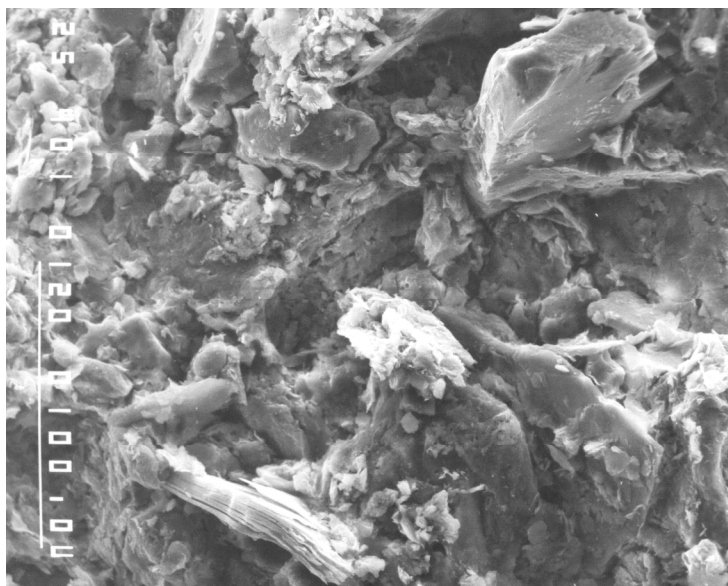
Глините от горния плиоцинен комплекс се характеризират с висока степен на кристализация на глинестата маса и компактна структура.

Електронномикроскопската снимка и косвените показатели I_p , n , W_n , R_n дават основание жълто-кафявите глини от горния плиоценски комплекс да се отнесат към класа на средно дисперсните микроструктури /Соколов, 1988/, със средна степен на ориентация и смесени контакти, в които преобладават коагулационните. Глинестата маса е добре изкристализирала и структурата е плътна (фигура 4.11). По тях са се придвижвали води, за което свидетелстват и цветовите изменения.



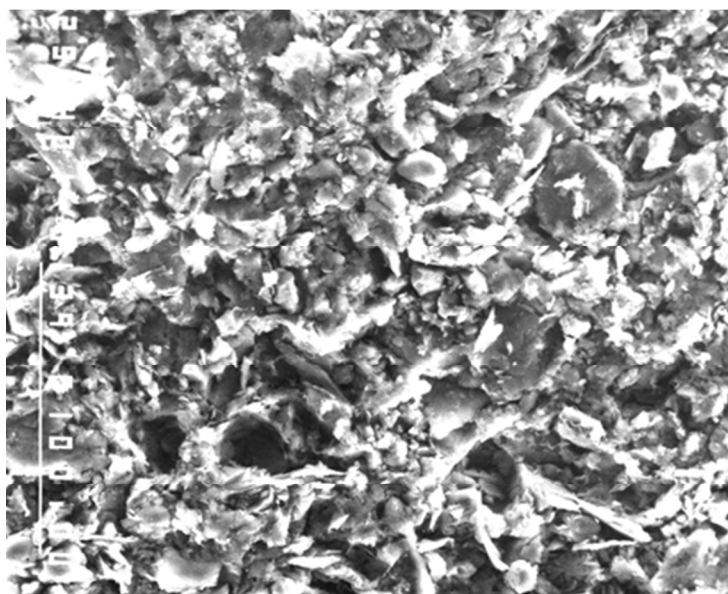
Фиг.4.11.
Електронномикроскопска снимка на плиоценска жълто-кафява прахово-пясчлива глина от горния комплекс, x400.

Сивите глини се явяват като други типични представители на този комплекс. В сравнение с жълтите глини са с по-слаба степен на ориентация (фигура 4.12). Те принадлежат към високо дисперсните, средно до слабо ориентирани разновидности, с преобладание на преходни контакти. Доказателство за това е и проявата на набъбване при взаимодействие с вода.

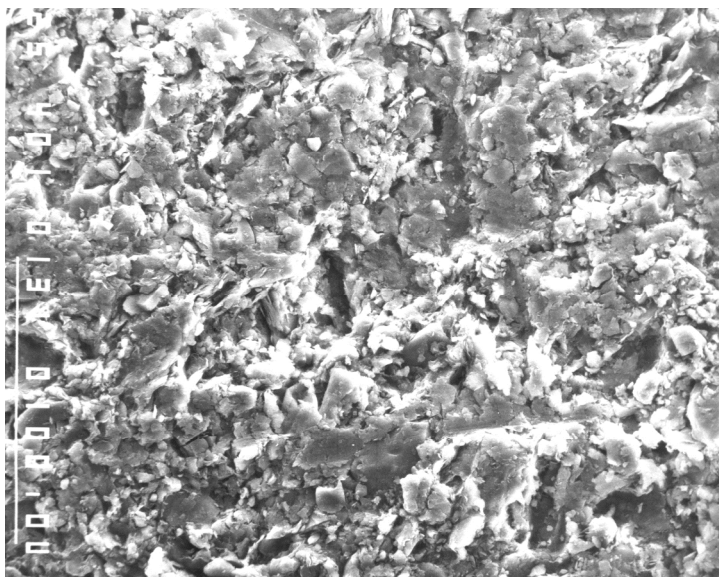


Фиг.4.12.
Електронномикроскопска снимка на плиоценска сива прахова глина от горния комплекс, x400.

Представители на долният плиоценски комплекс са сиво сини и сиво зелените глини. Снимките с електронен микроскоп показват, че тези глини са със здрав структурен скелет (фигура 4.13 и 4.14), в тях преобладават фазовите контакти като в същото време имат добре изразена порестост. При постоянна плътност и водно съдържание, след нарушаване на естествения им структурен скелет, проявяват набъбващи свойства.



Фиг. 4.13.
Електронномикроскопска снимка на плиоценска сиво-синя прахова глина от долния комплекс, x400.



Фиг.4.14.

Електронномикроскопска снимка на плиоценска сиво-зелена прахова глина от долния комплекс, x400.

5. Изводи

Най-често срещаните глинести минерали, открити в почвите на горния комплекс на Лозенецката свита на Софийския басейн са каолинит, смектит, дву-октаедричин илит, вермикулит и някои смесенослойни минерали - смектит-вермикулит, слюда-вермикулит и смектит- хлорит.

Минералът вермикулит не е открит в предишни изследвания /Илиева, 1960, Янева, 2000/. В някои от диференциално термичните анализи, представени от Илиева, 1960, ендотермични пикове на около 200°, описани като монтморилонит, могат да се свържат с минерала вермикулит /Uusinoka, 1975/

В настоящото изследване минералът вермикулит се появява като първи продукт на изветряне от биотит или като смесенослоен минерал заедно с биотита – биотит-вермикулит. Смесенослойни минерали от смектит-вермикулит също са открити на дифрактограмите. Това дава основание да се счита, че част от вермикулита също изветрява и до смектит.

Смесенослойни минерали от смектит – хлорит са открити в съвсем малки количества и те вероятно са резултат от изветряне на минерала амфибол.

Сравнително голямо е количество на минерала смектит в централната част от територията на град София.

Това може да се дължи на факта, че по време на процеса на седиментация на изследваните утайки, в централната и най-ниска част на басейна се е оформила спокойна среда на седиментация – езеро или заливни тераси на спускащите се от съседните планини. Реките са меандрирали, скоростта им е била много по-ниска. Силата на течението е била малка и реките не са имали възможност да пренасят едър материал. Степента на изветряне на седиментационния товар вече е била висока. Процесите на промяна продължават в спокойни условия, което допринася за образуването на смектит за сметка на каолинита поради застоялите условия в централната част на басейна. В зависимост от катионния обмен е възможно част от смектита да

се преобразува обратно до каолинит. Това вероятно се дължи на калциеви катиони, които не са могли да напуснат средата.

По края на басейна седиментационният материал, пренасян от тези потоци се е състоял предимно от скален материал с фини фракции – първични скалообразуващи минерали, примесен с продукти на изветряне. Най-често срещаният продукт на изветряне е бил минералът каолинит. Сметит и илит се срещат в подчинено количество като изветрителен продукт от фелдшпатите, а минерала вермикулит като изветрителен продукт от биотит. Така отложеният в по-крайните и по-високи части на басейна материал не е много по-различен от материала в подхранващата провинция.

Влияние върху структурата на глинестите седименти оказва времето, в което са образувани. Структурата на кватернерните глинени е типична за млади, слабо литифицирани седименти.

Формирането на глините от горния плиоценски комплекс е станало в среда със сравнително малко съдържание на водоразтворими соли. Силно хидратираните глинести утайки са отдавали водата си, обезводнявали са се вследствие физико-химични процеси на естествен синерезис и са намалявали обема си. В резултат са се образували често наблюдаваните пластови пукнатини и неориентирани микропукнатини. По тях са се придвижвали води, за което свидетелстват и цветовете изменения.

Формирането на глините от долния плиоценски комплекс е ставало в условия с оструктуряващи фактори. Характерен за тези отложения е здрав структурен скелет, който е възпрепятствал литификационното уплътняване. Най-вероятно процесите на литификация и гравитационно уплътняване са били възпрепятствани от бързото втвърдяване на скелета, който е останал порест, но с преобладаване на микропори, в които се задържа имобилизирана вода.

V. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДЕФОРМАЦИОННИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПЛИОЦЕНСКИ ГЛИНИ

1. Начини за определяне на деформационните характеристики

При изпитване на стандартна компресия напрегнатото състояние е ососиметрично и се създава чрез прилагането на осово натоварване – σ_1 .

Недостатък на метода е че не се моделират точно действителното напрегнато състояние на почвите от земната основа на сградите и съоръженията. Освен това пробните тела са малки и не позволяват отчитането на „началния хидравличен градиент” – $I_{нач}$. Съгласно действащите стандарти, изпитванията на компресия се извършват във водонаситено състояние на почвите, а на практика, това състояние не винаги е налице.

Друг начин за определяне на деформационните свойства на почвите е чрез пенетрационни изпитвания. Недостатък на метода е предположението, че високите якостни характеристики предопределят и високи деформационни модули.

Като начин на изпитване на по-големи дълбочини, който може да претендира за най-голяма точност са пресиометричните изпитвания.

Недостатък на метода е, че не се отчита бъдещото напрегнато състояние на почвата, не се изчаква консолидация и все още стои под въпрос дали анизотропията на почвата не пречи резултатите от хоризонталната компресия да се изравняват с вертикалната.

Най-практикувания начин за определяне на деформационните модули на малки дълбочини са изпитвания с щампа.

Недостатък на метода е, че не са спазени мащабните коефициенти и това води до погрешни изводи при определяне на сляганията на фундаменти с по-големи размери.

Като най-представителен начин и критерии за верността на отделните методи на изпитвания е измерване и анализ на действителни слягания на фундаменти на изпълнени сгради и съоръжения. У нас това е правено в началото на седемдесетте години. Всички измервания показват слягания, които са значително по-малки от проектно определените. Недостатък на анализа е, че се приемат статически схеми, които в известна степен все още са условни - мощност на слегваемия пласт, начин на разпределение на напреженията и др.

2. Определяне на компресионните модули на глините при стандартна компресия.

На стандартни компресия са подложени земни проби от отложения на кватернера, горния жълто-кафяв и долния сиво-зелен комплекс на плиоцена. В таблици 5.1., 5.2. и 5.3. са дадени резултатите от изпитвания на 82 броя проби от различните видове глинени от територията на град София при различни нормални напрежения.

Получените стойности на коефициентите на вариация v са по-ниски от критерия за еднородност на почвата. Това дава основание да се приеме, че стойностите на компресионните модули са валидни в целия широк диапазон на изменение.

Таблица 5.1. Компресионни модули на Q глини

Нормално напреже- ние σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напреже- ние σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напреже- ние σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компресионен модул, М, МПа
100	3,9	200	4,4	300	5,0	400	13,9
100	6,2	200	7,0	300	12,5	400	17,6
100	4,0	200	4,8	300	11,2	400	16,8
100	4,4	200	5,1	300	12,2	400	18,2
100	4,3	200	5,4	300	12,0	400	18,5
100	3,8	200	4,8	300	7,8	400	6,3
100	3,9	200	4,5	300	9,3	400	13,9
100	4,0	200	4,9	300	12,1	400	16,3
100	3,8	200	4,8	300	11,8	400	18,0
100	4,1	200	5,7	300	11,8	400	16,2
100	5,1	200	7,2	300	12,8	400	16,8
100	3,9	200	5,0	300	10,6	400	17,2
100	4,1	200	5,8	300	10,9	400	16,9
100	3,8	200	4,5	300	10,2	400	16,8
100	4,8	200	5,4	300	12,7	400	18,0
100	4,2	200	4,9	300	11,9	400	16,9
100	4,7	200	6,0	300	12,2	400	17,8
100	3,8	200	4,6	300	5,9	400	7,8
100	4,0	200	4,6	300	10,9	400	17,9
100	6,5	200	8,8	300	12,5	400	18,5
100	3,9	200	4,9	300	10,2	400	16,2
100	6,3	200	7,9	300	12,7	400	18,2
100	3,8	200	5,0	300	9,8	400	13,9
100	4,1	200	5,0	300	11,9	400	16,8
100	4,1	200	5,8	300	12,5	400	17,2
100	3,9	200	4,4	300	6,2	400	8,1
100	3,8	200	4,9	300	9,9	400	13,9
100	4,0	200	5,4	300	12,2	400	17,9
100	4,1	200	5,1	300	12,6	400	16,8
100	4,5	200	5,8	300	12,5	400	17,0
ср.арит- метично	4,33	ср.арит- метично	5,41	ср.арит- метично	10,89	ср.арит- метично	15,88
ср.квад- ратично	0,75	ср.квад- ратично	1,05	ср.квад- ратично	2,13	ср.квад- ратично	3,18
коэф.ва- риация	0,17	коэф.ва- риация	0,19	коэф.ва- риация	0,196	коэф.ва- риация	0,20

Таблица 5.2. Компресионни модули на N₂ жълто-кафяви глин

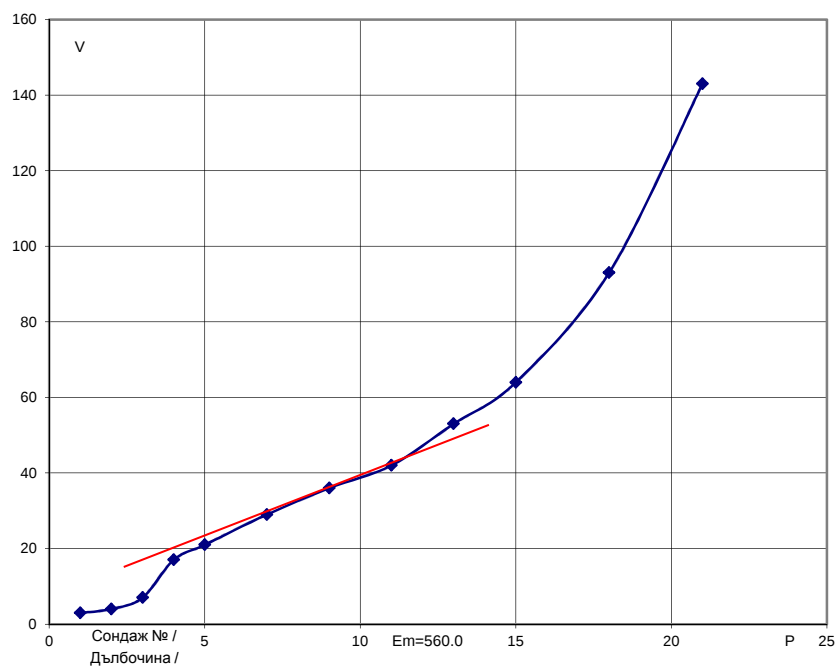
Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компресионен модул, М, МПа
100	5,8	200	7,1	300	9,8	400	10,6
100	7,2	200	8,3	300	10,9	400	11,8
100	10,0	200	11,3	300	12,0	400	13,2
100	9,2	200	10,2	300	11,5	400	12,9
100	6,2	200	7,4	300	9,9	400	11,8
100	4,9	200	6,1	300	5,8	400	6,7
100	6,5	200	7,8	300	10,8	400	11,8
100	8,8	200	9,8	300	11,4	400	12,6
100	7,1	200	8,0	300	10,0	400	11,5
100	4,2	200	4,8	300	5,4	400	7,2
100	5,2	200	6,4	300	9,3	400	10,8
100	6,7	200	7,8	300	10,6	400	11,8
100	7,8	200	9,2	300	11,2	400	12,0
100	8,0	200	9,2	300	11,9	400	12,8
100	9,2	200	10,0	300	11,8	400	13,4
100	9,6	200	11,5	300	12,0	400	13,0
100	4,8	200	5,4	300	6,3	400	7,0
100	6,5	200	7,1	300	10,4	400	11,6
100	5,8	200	7,2	300	10,2	400	11,5
100	6,0	200	7,3	300	10,5	400	12,2
100	6,2	200	6,8	300	9,8	400	11,8
100	7,0	200	8,3	300	11,1	400	12,2
100	8,2	200	9,5	300	11,5	400	13,0
100	4,8	200	5,5	300	9,0	400	10,1
100	6,8	200	7,8	300	11,8	400	12,2
100	6,3	200	7,8	300	11,2	400	12,4
100	5,2	200	6,2	300	9,6	400	11,2
100	7,2	200	7,9	300	10,9	400	12,1
100	4,8	200	5,0	300	9,2	400	10,8
100	6,6	200	8,0	300	10,1	400	11,3
ср.арит- метично	6,75	ср.арит- метично	7,82	ср.арит- метично	10,20	ср.арит- метично	11,44
ср.квад- ратично	1,55	ср.квад- ратично	1,72	ср.квад- ратично	1,71	ср.квад- ратично	1,71
коэф.ва- риация	0,23	коэф.ва- риация	0,22	коэф.ва- риация	0,17	коэф.ва- риация	0,15

Таблица 5.3. Компресионни модули на N₂ синьо-зелени глини

Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа	Нормално напрежение σ , кПа	Компре- сионен модул, М, МПа
100	5,5	200	8,9	300	11,8	400	14,0
100	5,0	200	7,3	300	12,0	400	15,3
100	5,9	200	9,9	300	11,0	400	14,8
100	7,5	200	16,3	300	24,1	400	27,0
100	9,8	200	20,1	300	26,0	400	28,3
100	4,8	200	9,8	300	23,4	400	26,8
100	7,8	200	19,8	300	28,9	400	30,2
100	11,2	200	20,9	300	29,2	400	30,6
100	5,5	200	9,8	300	23,9	400	25,5
100	8,2	200	19,9	300	28,1	400	30,5
100	10,8	200	21,2	300	29,0	400	31,8
100	12,2	200	20,8	300	29,6	400	31,0
100	7,5	200	18,0	300	27,8	400	29,9
100	5,2	200	10,9	300	27,2	400	28,5
100	9,1	200	19,9	300	28,8	400	30,2
100	5,2	200	12,9	300	26,4	400	28,8
100	7,3	200	18,2	300	27,6	400	30,0
100	7,9	200	17,8	300	26,2	400	27,2
100	6,5	200	13,9	300	25,5	400	26,9
100	8,2	200	20,2	300	28,5	400	30,2
100	7,2	200	14,9	300	22,8	400	24,5
100	10,8	200	21,1	300	28,9	400	30,5
ср.арит- метично	7,69	ср.арит- метично	16,02	ср.арит- метично	24,85	ср.арит- метично	26,93
ср.квад- ратично	2,20	ср.квад- ратично	4,75	ср.квад- ратично	5,75	ср.квад- ратично	5,32
коэф.ва- риация	0,29	коэф.ва- риация	0,30	коэф.ва- риация	0,23	коэф.ва- риация	0,20

3. Изпитвания с пресиометър

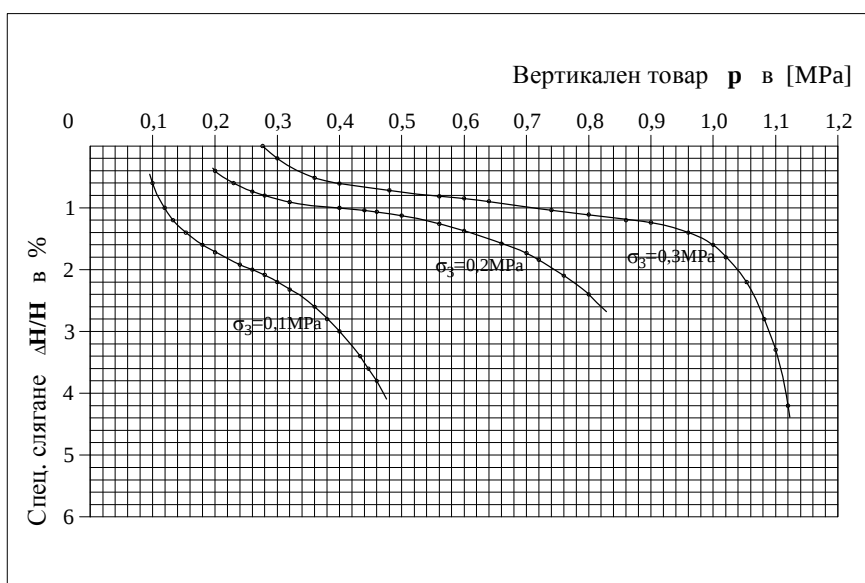
При проучване на Търговски център "Балкан" – София са направени изпитвания с пресиометър в сивозелени глини от долния плиоценски комплекс. Опитът е проведен на дълбочина 15 m и 39,6 m. Диаграмата $V = f(P_p)$ за изпитването на дълбочина 15 m е дадена на фигура 5.2. Определеният деформационен модул $E = 56.0$ МПа.



фиг. 5.2. Резултати от пресиометрични изпитвания на сиво-зелени глини, дълбочина 15 m

4. Изпитвания в триаксиален апарат.

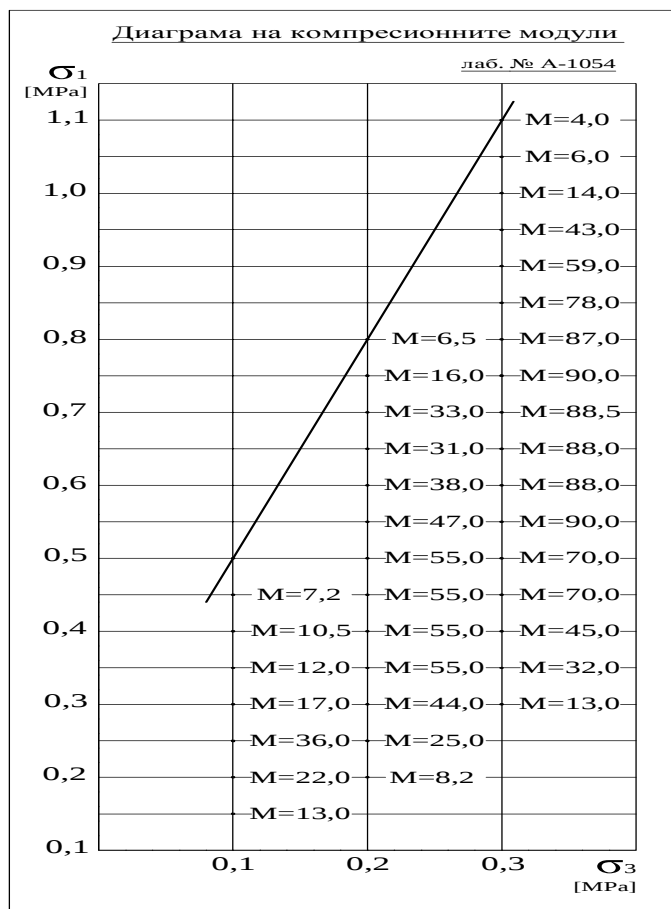
Това изпитване предполага натоварване на пробното тяло в триаксиална камера при определени комбинации на всестрания натиск $-\sigma_3$ и вертикалното напрежение $-\sigma_1$. Получава се възможност за определяне на деформационните модули за очаквани двойки проектни стойности на двете главни напрежения под фундаментите, така че да се имитира по възможно най-точен начин напрегнатото състояние на тяхната земна основа. Изпитванията могат да се правят при естественото или друго водно съдържание на почвата.



фиг. 5.4. Крива на слягане $S = f(\sigma_1)$ при различни σ_3 , (Божинев, 1970 г.)

Изпитвания са направени от Божинов (сп. Пътища, 1970 г.) в триосов апарат на плиоценска глина от долния комплекс. Изпитванията са правени при три напрежения на всестранный натиск, съответно 0,1 МПа, 0,2 МПа и 0,3 МПа. Резултатите от изпитванията са показани на фигура 5.4.

За определени стойности на двете напрежения са определяни деформационните модули по принципа на определяне на модулите, както при стандартна компресия. Резултатите от така определените модули са показани на фигура 5.5. Характерно за деформационните модули е голямото влияние на всестранный натиск. На приложените фигури се вижда, че при определени комбинации на двете главни напрежения, понякога всестранный натиск води до значително увеличение на модулите. Така например, ако при главно нормално напрежение $\sigma_1 = 0,35$ МПа и $\sigma_3 = 0,1$ МПа, деформационния модул е 12 МПа, то при същото главно нормално напрежение и всестранный натиск от 0,3 МПа, деформационния модул е вече 32 МПа. Неотчитането на влиянието на страничния натиск води до значителни грешки при определяне на сляганията на фундаментите. Особено важно е, че в дълбочина всестранный натиск се увеличава, главно за сметка на геоложкия товар и това води до намаляване на дълбочината на активната зона на слягане.



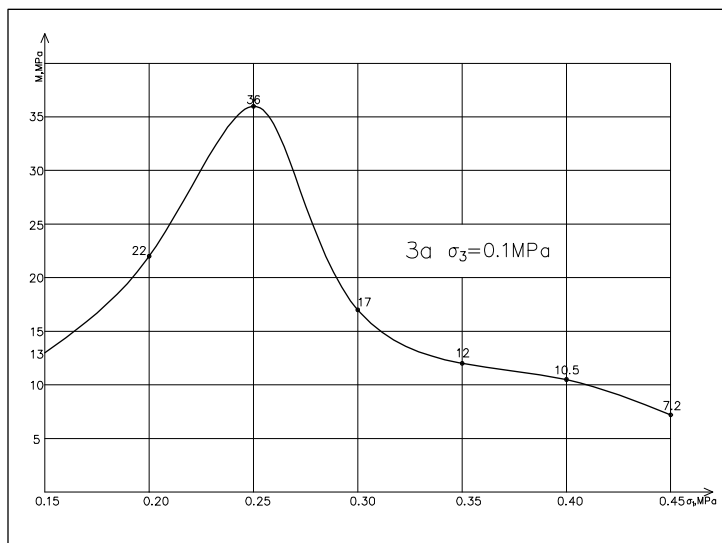
фиг. 5.5. Диаграма на компресионните модули

На фигури 5.8., 5.9. и 5.10. са показани зависимостите на деформационните модули от страничния натиск при трите главни нормални напрежения – 0,1; 0,2 и 0,3 МПа.

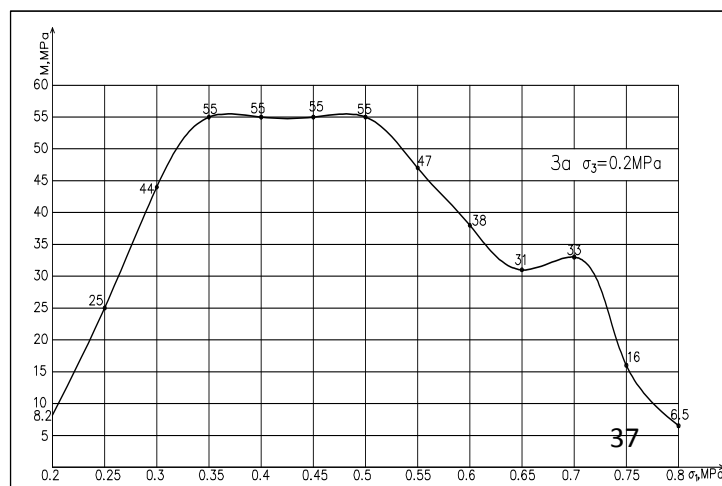
В началото на предаване на напреженията се получава интензивно начално уплътняване, което не е свързано с разрушителни процеси. След полученото уплътняване се наблюдава известна стабилизация на деформациите. При получената плътност и под действието на всестранный σ_3 и осовия σ_1 натиск се увеличава „коравината” на почвата. Ефектът расте с увеличаването на страничния натиск.

Участъкът на стабилизирани деформации може да бъде различен за различните почви и зависи от компонентите на якостта на срязване, от размера на страничния натиск (фигури 5.7., 5.8., 5.9. и 5.10.) и девиатора на напреженията и т.н.

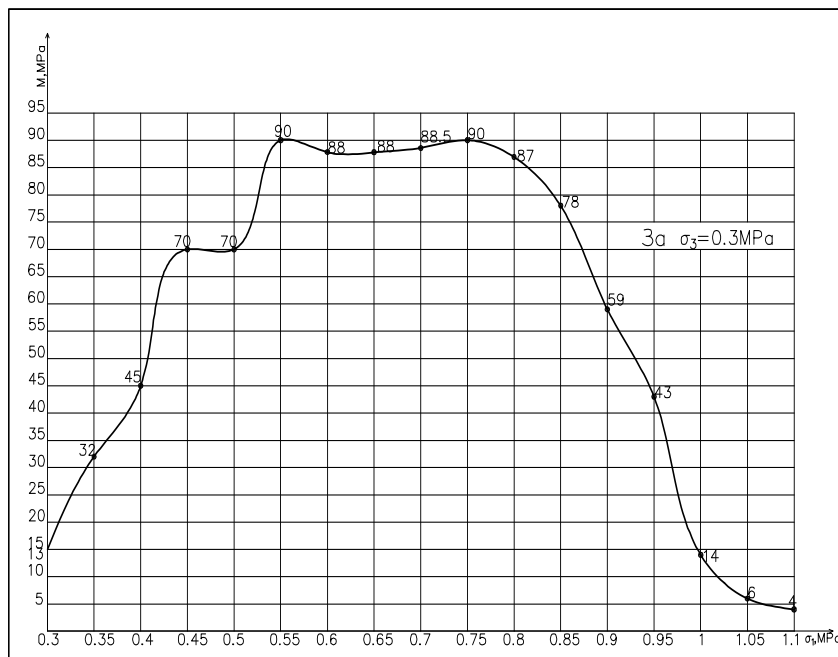
След пиковите стойности на модулите, се забелязва монотонно намаляване, което на края води и до разрушение на образците. Във високите части на диаграмата се активира якостта на срязване на почвата. След това, в низходящите части на кривата, настъпва пластифициране на почвата.



фиг. 5.8. Зависимост на деформационните модули от σ_1 при $\sigma_3=0,1$ МПа



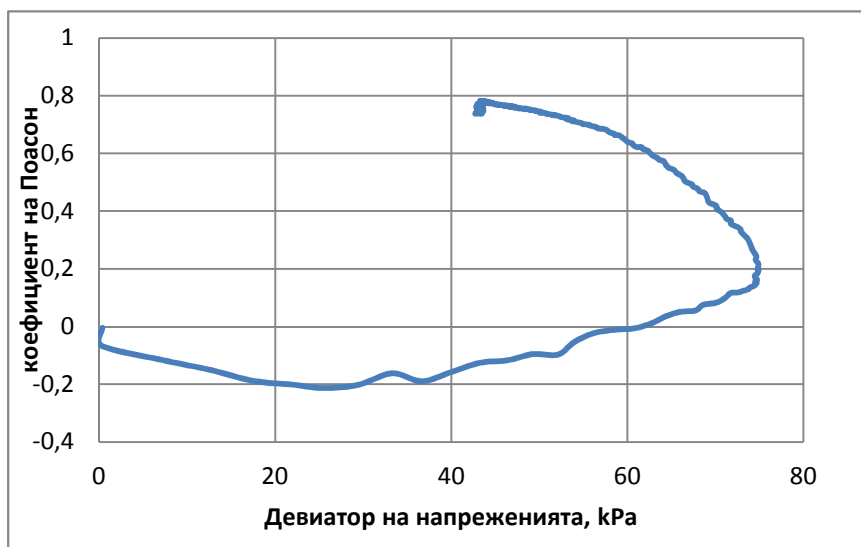
фиг. 5.9. Зависимост на деформационните модули от σ_1 при $\sigma_3=0,2$ МПа



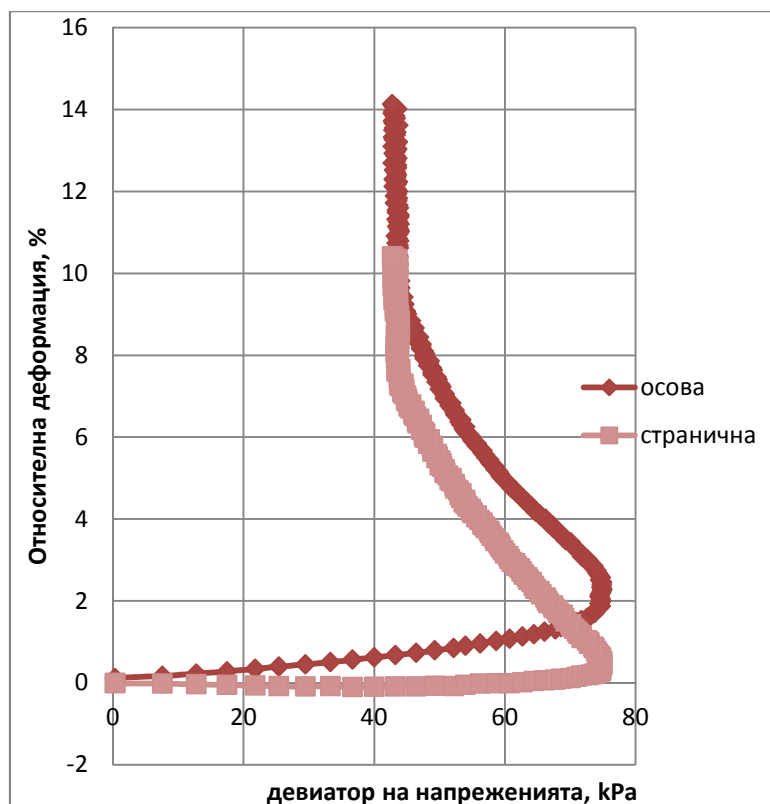
фиг. 5.10. Зависимост на деформационните модули от σ_1 при $\sigma_3=0,3$ МПа

По данни от триосов натиск са определени якостните характеристики на почвата, като са използвани зависимостите σ_1 - σ_3 и мооровите окръжности. Полученият ъгъл на вътрешно триене е $\varphi=31^\circ$, а кохезията – $c=60$ кПа. Определени са и якостните свойства с отчитане на пластичните процеси в пробите. Получената стойност за ъгъла на вътрешно триене е $21,7^\circ$, а за кохезията 50 кПа.

В триаксиален апарат са направени изпитвания с основна цел определяне на коефициента на Поасон чрез директно измерване на осовите и радиални деформации на пробните тела. Изпитванията са направени в недренирано и неконсолидирано състояние на почвата. Графики за относителните осови и радиални деформации, като функция на девиатора на напреженията са дадени на фиг. 5.12. Коефициентът на Поасон е даден като функция на девиатора на напреженията на фиг. 5.13.



фиг. 5.12. Зависимост на коефициента на Поасон от девиатора на напрежения за проба 224-1



фиг. 5.13. Зависимост на относителните осови и странични деформации от девиатора на напрежения за проба 224-1

В началото на опита се получават известни аномалии като напр. отрицателни стойности на коефициента на Поасон, което вероятно се дължи на грешка при изпитването. Известно обяснение може да се даде с това, че при прилагане на всеотраден натиск пробното тяло се е свило, т. е. деформациите са се развили в отрицателна посока – намаляване на диаметъра. При натоварването до определен праг на девиатора на напреженията пробата не показва положителни странични деформации - проба 224-1 до стойност на девиатора на напреженията 65 kPa. В този интервал на напреженията почвата има поведението на идеално твърдо тяло.

След превишаване на този праг, почвеното тяло има поведението на еластично деформируеми почви. Успоредно с осовите се проявяват и напречни деформации – за проба 224-1 – до стойност на девиатора на напреженията от 65 до 75 kPa. Именно в тези интервали следва да се определя и коефициента на Поасон – за проба 224-1 ν е в интервала от 0,12 до 0,28. След увеличаване на девиатора на напреженията, пробите се пластифицират и няма основание да се приеме валидност на закона на Хук. Резултатите от изпитванията показват, че разрушенията и на двата тела се дължат на загубване на структурна якост, характерна за долния комплекс на плиоценските почви.

VI. ДЕФОРМАЦИИ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА, ИЗГРАДЕНА ОТ ГЛИНЕСТИ ПОЧВИ

В тази глава са разработени сляганията на ивичен фундамент с ширина $b=15\text{ m}$ с дълбочина на фундиране $D=4\text{ m}$ и натоварване $p = 250\text{ kPa}$ при предположение, че земната основа е изградена само от един и същи вид почви. Слягането от фундамента е изчислено по четири начина.

1. Изчисляване на слягането по БДС-EN 1997

Сляганията на глинести почви са определени като са използвани стойности за компресионни модули, получени от стандартна компресия, дадени в таблици 5.1, 5.2 и 5.3 по следните начини:

-слягане, изчислено с компресионните модули от изпитванията, дадени в предишната глава;

-слягане, изчислено с деформационни модули, получени като са умножени компресионните модули на 2, т.е. $E_o = 2M$ (M -средноаритметична стойност на компресионните модули).

-слягане, изчислено с деформационни модули, получени като са умножени компресионните модули на 2,5, т.е. $E_o = 2,5M$ (M -средноаритметична стойност на компресионните модули)

Резултатите за са:

- за кватернерни глинени при използване на компресионни модули - 30 cm, при използване на $E_o = 2M$ – 15 cm и при използване на $E_o = 2,5M$ – 12 cm.
- за плиоценски глинени от горния комплекс - 36 cm, при използване на $E_o = 2M$ – 18 cm и при използване на $E_o = 2,5M$ – 14,4 cm.
- за плиоценски глинени от долния комплекс - 24 cm, при използване на $E_o = 2M$ – 12 cm и при използване на $E_o = 2,5M$ – 9,6 cm.

2. Изчисляване съгласно Норми за проектиране на плоско фундиране - при пласт с ограничена мощност

При изчисляване на слягания по метода на пласт с ограничена мощност, се приемат осреднени деформационни модули на почвите за натоварване от 200 kPa. Определените стойности на слягането за различните почвени разновидности са:

- за кватернерните глинени – 17,6 cm;
- за жълто-кафявите плиоценски глинени – 12,2 cm;
- за синьо-зелените плиоценски глинени – 5,9 cm;

Очевидно е влиянието на вида на почвените разновидности върху размера на сляганията. Това обяснява до голяма степен получените при измервания ниски стойности на сляганията за гр. София.

3. Изчисляване на слягане по СНиП II – 15-74 „Основания зданий и сооружений”

При изчисленията по метода на СНиП II – 15-74 „Основания зданий и сооружений” за плоско фундиране, получените резултати за слягания при деформационни модули, отговарящи на натоварване от 200 кПа са съответно:

- за кватернелните глини – 8,7 см;
- за плиоценските жълтокафяви глини – 6 см;
- за плиоценските синьо-зелени глини – 2,9 см.

В сравнение с резултатите, получени по метода, даден в Националните норми, сляганията са по-малки, което се дължи и на разлики в дълбочината на активната зона на слягане, както и на разлики в интегралните коефициенти.

4. Изчисляване съгласно получените стойности на модулите в условия на стандартна компресия и в триосов апарат.

За сравнение е определено и слягането по стандартния метод със сумиране по пластове, даден в нормите за плоско фундиране с резултати за компресионните модули, получени при стандартна компресия на същата проба. Определените слягания на отделните пластове са дадени в таблица 6.14.

№ на пласта	Мощност на пласта, h	Средно напрежение от ивицата, σ_{zcp}	По данни от триосов апарат		По данни от стандартна компресия	
			Среден компресионен модул, M_{cp}	Слягане на пласта, h	Среден компресионен модул, M_{cp}	Слягане на пласта, h
-	cm	MPa	MPa	cm	Mpa	Cm
1	300	0,175	32,5	1,61	11	4,80
2	300	0,15	45	1,00	11,7	3,85
3	300	0,135	49,5	0,82	12,5	3,25
4	300	0,115	47	0,73	13,2	2,62
			$H' = \sum h_i' =$	4,16 cm	$H'' = \sum h_i'' =$	14,52 cm

Таблица 6.14. Слягания, определени по метода със сумиране по пластове за $b=15$ m

За определяне на влиянието на ширината на фундаментите са направени изчисления на сляганията и при ивичен товар със същото натоварване, но с ширина на ивицата 5m.

№ на пласта	Мощност на пласта h	Средно напрежение от ивицата σ_{zcp}	По данни от триосов апарат		По данни от стандартна компресия	
			Среден компресионен модул, Мср	Слягане на пласта, h	Среден компресионен модул, Мср	Слягане на пласта, h
-	cm	MPa	MPa	cm	Мра	См
1	100	0,175	32	0,55	10,5	1,67
2	100	0,15	29	0,52	10,5	1,43
3	100	0,135	31	0,44	10,5	1,28
4	100	0,115	30	0,39	10,5	1,10
			$H' = \sum h_i' = 1,90$		$H'' = \sum h_i'' = 5,48$	

Таблица 6.15. Слягания, определени по метода със сумиране по пластове за b=5 m

При ширина на ивицата 15 m нейното слягане, определено чрез използване на данни от изпитвания в триаксиален апарат (табл. 6.14), е 4,16 cm срещу 14,52 cm – при използване на данни от стандартна компресия. Тъй като дебелините на пластове и вертикалните напрежения са еднакви, отношението на сляганията дава всъщност отношението на средните компресионни модули:

$$k = \frac{H''}{H'} = \frac{14,52}{4,16} = 3,48 \approx 3,50$$

т.е. за случая, по метода с прилагане на всестранин натиск в триаксиален апарат се получават средно 3,5 пъти по-високи модули.

С намаляване ширината на основната плоскост на фундаментите, модулите, определени чрез стандартна компресия и чрез триаксиален апарат, се приближават.

5. Изводи

От съпоставка на резултатите, получени за слягане под фундаментите на различни почвени разновидности, изчислени по различни методи, могат да се направят следните изводи.

- Сляганията под фундаментите, изградени в кватернерни и плиоценски глини от горния плиоценски комплекс са съпоставими.

- Сляганията под фундаментите, изградени в плиоценски глини от долния плиоценски комплекс, се различават значително от тези в горния плиоценски комплекс. Те са два, три пъти по-малки.

- Сляганията определени по БДС-ЕН 1997 г., чрез метода на сумиране по пластове, са два пъти по-големи от сляганията получени по СНиП II-15-74 „Основания зданий и сооружений” (пласт с ограничена мощност). Разликите в сляганията определени по метода пласт с ограничена мощност по СНиП II-15-7 и по НППФ, се дължат на различните интегрални коефициенти.

При използване на модулите, получени в условия на всеобхватен натиск, се доказват някои особености на плиоценските глини от долния комплекс:

- Влиянието на хоризонталните напрежения върху деформационните модули, респективно сляганията.

- Същественото влияние на ширината на фундаментите – при по-малките фундаменти комбинацията от главни нормални напрежения е по-неблагоприятна.

Сляганията определени по БДС-ЕН 1997 г., чрез използване на модули получени в триаксиален апарат, затихват на дълбочини по-малки от дълбочината на активната зона на слягане, определена от условието $\sigma_z = 0,2\sigma_y$

- Сляганията определени по БДС-ЕН 1997 г., чрез използване на модули, получени в триаксиален апарат са близки до тези, определени по СНиП II-15-74, което е доказателство за приложението на метода пласт с ограничена мощност (СНиП II-15-74).

Таблица 6.16. Резултати от изчисленията за сляганията, под фундаментите при различни почви и по различни методи.

вид почва	по БДС-ЕН 1997	по НППФ	по СНиП	ширина на фундамента 15m		ширина на фундамента 5m	
				М триаксиален апарат	М стандартна компресия	М триаксиален апарат	М стандартна компресия
Кватернерни	30 cm	17,60	8,70	-	-	-	-
Плиоценски - горен комплекс	36 cm	12,20	6,00	-	-	-	-
Плиоценски - долен комплекс	16 cm	5,90	2,90	4,16	14,52	1,90	5,48

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

След проведените експериментални и изчислителни изследвания и анализа на получените резултати в дисертацията, авторът си позволява да предяви претенции за следните научни приноси:

1. Въз основа на обработка на голям брой архивни източници за геоложки проучвания е направена „Карта на отложенията (дълбочина от 0-20m) на територията на град София” в М 1:50 000. Картата е направена през 1995 г. и е използвана за основа на последващи районираня на града. Тя може да бъде използвана в началните етапи на инженерно геолошко проучване и геотехническо проектиране.

2. Направено е обобщение на геотехническите показатели на основните инженерно геоложки разновидности, които са разпространени на територията на град София и имат отношение към геотехническото строителство. Особено внимание е обърнато на глинестите почви, които са предмет на дисертацията и за които са дадени интервалите на изменение на якостните и деформационни показатели.

3. След направените изследвания за минерален състав и структура на глинестите почви е установена връзка между палеогеографията на Софийския басейн и глинестите минерали. Високата порестост и високите деформационни модули на плиоценските глинени от долния комплекс са обяснени със структурата на тези глинени.

4. Въз основа на анализа на компресионните модули, получени в условия на стандартна компресия, в триосово напрегнато състояние с регулиране на напреженията и полеви изпитвания е определено влиянието на деформационните модули, получени по различен начин, върху слягането на фундаментите. След анализ на резултатите, при глинестите почви от долния комплекс на плиоцена, се дава приоритет на изпитване на деформационни характеристики в условия на триосово напрегнато състояние и *in situ* и схема за изчисляване на сляганията на фундаментите по метода „пласт с ограничена мощност”, по СНиП.

ПУБЛИКАЦИИ НА ГЛ. АС. ИНЖ. ГЕОЛ. АСЯ БОЖИНОВА-ХААПАНЕН ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Мадев, М., Ст. Стефанов, А. Божинова. 1989. Лабораторни и полеви изпитвания на чувствителни плиоценски глинени от Софийския басейн. Годишник на ВМГУ, т. XXXV, св. II;

Bozhinova, A., L. Ilieva. 1990. Structural and Mechanical Properties of Sofia Clays, 6th International Congress International Association of Engineering Geology;

Bozhinova, A. 1992. Influence of the Deformation Characteristics of the Pliocene Clays and Sands upon the Construction of Sofia Underground, 6th YGEC, Lisbon.

РАЙОНИ СПОРЕД ГЕОЛОЖКИ СТРОЕЖ И ДЪЛБОЧИНА НА НИВОТО НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА КВАТЕРНЕРНИТЕ ОТЛОЖЕНИЯ



I - Q органични глинни (смолинци); Q пясъчливи и прахово-пясъчливи глинни, на места с прослойки от чакъл; N₂ прахови глинни с лещи от пясъци и чакъл; ниво на подземните води > 3.0 m



VIII - Q среднозърнести и сирпозърнести чакъл с лещи от прахови глинни; N₂ прахово-пясъчливи и пясъчливи глинни с лещи от чакъл



Q алувиални чакъл с пясъчливо-глинест пълнител, пясъци и глинни



Q пясъчливи глинни с чакъл



II - Q органични глинни (смолинци); Q алувиални чакъл с лещи от пясъчливи глинни и пясъци, N₂ пясъци и глинни; ниво на подземните води = 0.5 - 2.0 m



VIII - Q органични глинни (смолинци); Q алувиални чакъл с пясъчливо-глинест пълнител, пясъчливи и прахови глинни; N₂ пясъчливи и прахови глинни с прослойки и лещи от пясъци и чакъл; ниво на подземните води = 0.5 - 1.0 m



Q сирпозърнести чакъл и валуни с пясъчливо-глинест пълнител



Q органични глинни (смолинци)



III - Q органични глинни (смолинци); Q прахово-пясъчливи глинни; Q алувиални чакъл и прахово-пясъчливи глинни; N₂ прахово пясъчливи глинни с прослойки от дребнозърнести чакъл с пясъчливо-глинест пълнител; ниво на подземните води > 4 m



IX - Q алувиални валуни, чакъл, пясъци и глинни; N₂ глинни и чакъл; K₂ андезити



Културен слой, останки от археологически разкопки



Насип от строителни отпадъци



IV - Q органични глинни (смолинци); Q пясъчливи глинни; Q чакъл с пясъчливо-глинест пълнител, пясъци и глинести пясъци; N₂ пясъци, пясъчливи и прахови глинни в алтернация; ниво на подземните води = 2.0 - 4.0 m



X - изветрели андезити



Сметища



V - Q органични глинни (смолинци); N₂ пясъци и прахово-пясъчливи глинни; ниво на подземните води > 7 m



XI - Q алувиални чакъл с пясъчлив пълнител; ниво на подземните води = 0.0 - 1.0 m

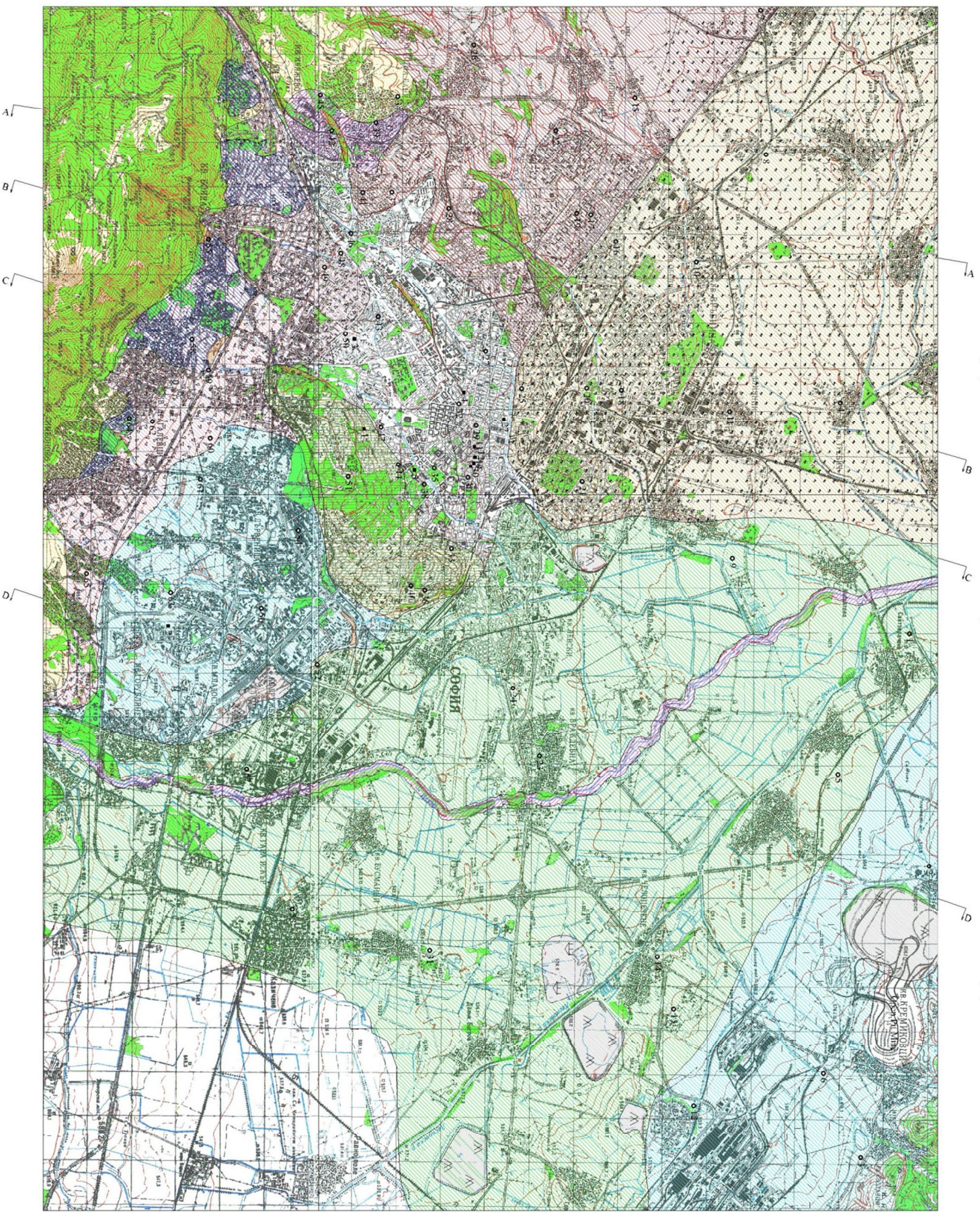


VI - органични глинни (смолинци); Q алувиални прахово-пясъчливи и пясъчливи глинни и чакъл с пясъчливо-глинест пълнител; N₂ глинни с лещи от пясъци и чакъл; N₂ пясъци с прослойки от глинни; ниво на подземните води > 7 m



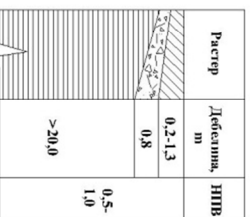
XII - свлачищни зони

КАРТА НА ОТЛОЖЕНИЯТА (ДЪЛБОЧИНА 0-20 М) НА ТЕРИТОРИЯТА НА ГРАД СОФИЯ М 1:50 000

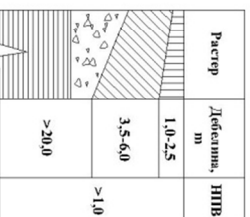


ТИПИЧНИ ГЕОЛОЖКИ РАЗРЕЗИ А-А, В-В, С-С И D-D

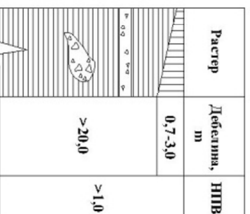
Княжево



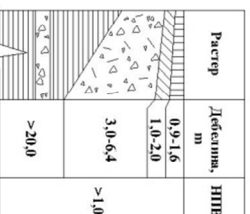
Овча купел



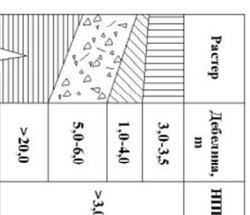
Коньовица



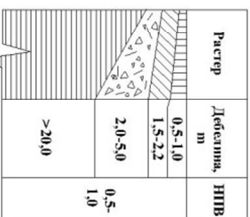
Люлин



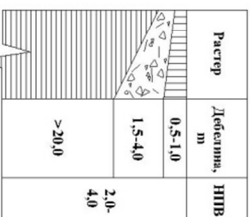
Обеля



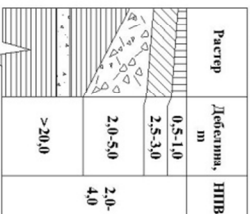
Бъкстон



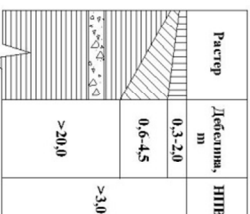
Латера



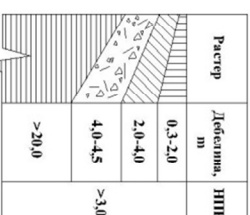
ул. Д.Петков



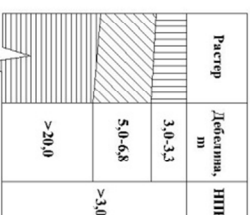
Наежжа



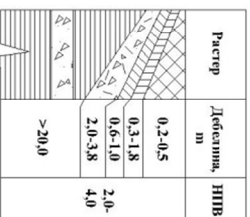
Свобода



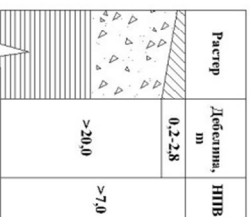
Илиянци



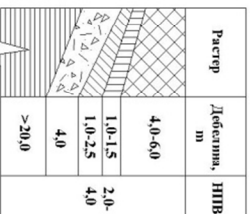
Ив. Вазов



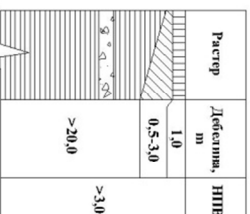
Дюлепец



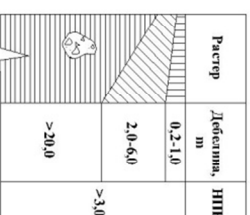
Св. Неделя



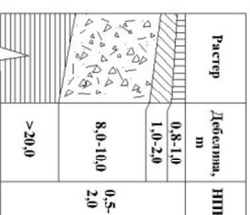
Орландовици



Бенковски-запад

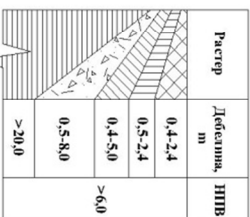


Бенковски-изток

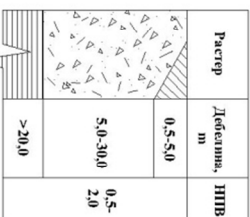


РАЗРЕЗ C-C

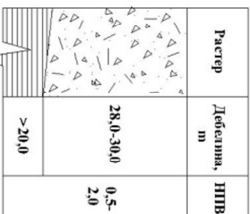
Младост



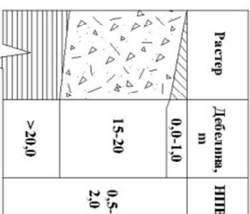
Дружба



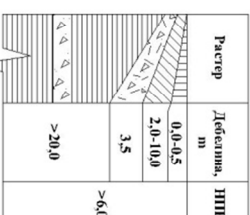
Искър



Враждебна



Докорско



културен слой

органични глинни, смолници Q

чакъл и пясъци, Q

песчливи глинни, Q

пясъци и чакъл, N2

глини, N2