

2. ВИДОВЕ МЕТОДИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ И ТЯХНОТО ИСТОРИЧЕСКО РАЗВИТИЕ

1. Подялба на методите за подобряване

През последните десетилетия броят на методите и техните разновидности се увеличи толкова много, че за по-добро разбиране на тяхната същност, взаимовръзки и улесняване на изучаването им бяха предложени редица класификации (Банник, 1976, Воронкевич, 1981). Тези класификации се разделят на частни и общи. Първите се отнасят за методи, приложими в определен тип строителство (пътно, хидротехническо, фундиране и др.) или за даден вид почва (например, за лъсовите почви).

Общите класификации имат амбицията да обединят всички съществуващи методи, което е трудно, тъй като методите се основават на различни физични принципи, някои от тях включват други методи или техни съставни части, степента на разработеност и приложимост е твърде различна и т.н. При едни класификации главен класификационен принцип е резултатът от изкуствената интервенция (уплътняване, заздравяване, изсушаване и др.), според втори това е механизмът на заздравяването (механичен, физикохимичен, химичен), според трети най-важна е приложимостта на методите за отделните видове почви (методи за заздравяване на глина, на лъос, на втечняващ се пясък, за уплътняване и заздравяване на скален масив и т.н). Съществува класификация и според това дали методите се прилагат на повърхността или в дълбочина.

Воронкевич (1981) разделя методите на класове, групи, видове и типове. Различават се два основни класа – методи за подобряване на почвата при условията на нейното естествено залягане и методи за създаване на почвени материали. При тази класификация е показана приложимостта на методите за различните почви.

Изброените класификации имат добри и слаби страни. Тук се предлага една, сравнително проста класификация, която взема предвид както същността на методите, така и резултата от тяхното приложение. Според нея методите са обединени в 5 групи, които от своя страна се разделят на подгрупи, видове и разновидности (Табл.2.1.).

В първата група са включени методи за уплътняване на дисперсни почви, при които подобряването на техните свойства се осъществява чрез повишаване на плътността и намаляване на обема на порите, при което се постига понижаване на слегаемостта и на водопропускливостта, ликвидиране на опасността от пропадане и увеличаване на носещата способност. Процесът на уплътняване може да протече под действие на статични или динамични сили, според което методите са разделени на две подгрупи. Видовете методи от тези подгрупи са разграничени според начина на уплътняване (с уплътнителни машини, с претоварващи насипи, чрез намокряне, от тежестта на съоръжението, чрез прилагане на вибрационна, ударна или взривна енергия). Разновидностите на методите са отделени според технологичните различия.

Най-характерното за **втората група** методи е създаване на нови циментационни контакти и връзки между частиците на дисперсната почва

или на местата на прекъснатост в скалите (причинена от наличие на пукнатини и празнини). Това се постига чрез инжектиране или смесване на почвата с различни свързващи вещества, химични реагенти или техни суспензии, разтвори и емулсии, както и с приложение на физични полета (топлинно, електрическо и др.). Използват се ефектите на циментацията, полимеризацията, поликондензацията, на уплътняването и др. Различават се две подгрупи методи според това дали изкуствената интервенция се извършва на повърхността или в дълбочина.

При първата подгрупа се разрушава естествената структура на дисперсната почва, след което тя се смесва на повърхността със свързващи вещества и химични реагенти и получената смес се уплътнява с подходящо водно съдържание до достигане на необходимата плътност. Видовете заздравяване са разделени според начина на приготвяне на сместа – на място или в стационарни смесители, а разновидностите - според вида на свързващото вещество.

Втората група включва осем вида методи за заздравяване в дълбочина. При първия метод в значителна степен се запазва естествената структура на почвата, като в нейните пори, празнини или пукнатини се инжектират под налягане различни суспензии или разтвори. При втория метод нагнетяването на инжекционния флуид се прави с високо налягане (с помощта на т.н. маншетни тръби), съпроводено с повече или по-малко разрушаване на естествената структура на дисперсната почва. При третия метод се използва режеща струя от флуид под високо налягане, която разрушава естествената структура на дисперсната почва и образува в дълбочина заздравена смес. При четвъртия метод заздравяването на слаби водонаситени почви в дълбочина с цимент и вар се осъществява със специален миксер. При петия метод дисперсната почва се уплътнява чрез разширяване на сондаж и получените отвори се запълват със втвърдяващи се смеси. Последните три вида методи използват физични полета: при електрохимичното заздравяване се прилага електрически ток за засилване на проникването на разтвора, при замразяването се понижава температурата на почвата чрез циркулация на втечен газ или изстуден разтвор, при изпичането се прави термична обработка чрез изгаряне на горливи течности или газови смеси.

При описаните методи освен увеличаване на плътността в почвата се създава нова структура с много по-голяма якост и водоплътност.

При **третата група** подобряването на строителните свойства на дисперсните почви се осъществява посредством намаляване на тяхното водно съдържание. Основните методи в тази група са гравитационното дрениране, сондажното водопонижение, електроосмотичното изсушаване и изсушаването с хигроскопични вещества. Постига се увеличаване на устойчивостта на земната основа и на откосите спрямо статични и динамични сили, подобряват се условията за извършване на фундаментно-строителните работи и се предпазват подземните съоръжения от наводняване или навлажняване.

В **четвъртата група** се включват методи, при които по-голяма или по-малка част от слабата почва под фундаментите се изземва и се заменя с

по-здрава почва, което се постига чрез изграждане на възглавници, намиви и по други начини. С тези методи се повишава носещата способност на основата и се намалява слягането.

Към **петата група** се отнасят методите, при които за подобряване на качествата на почвата или на строителните условия се използват синтетични материали. Те могат да се влагат за армиране на почвата, тъй като притежават якост на опън. За тази цел се прилагат геотекстил, различни мрежи и решетки, както и прекъснати или непрекъснати тънки нишки. Полимерни платна и композити се използват за водонепроницаеми прегради. С мрежа от синтетични материали се осъществява защитата на стръмни откоси на дълбоки изкопи и т.н.

От подразделението на методите в Таблица 2.1. може да се направи заключение, че практиката разполага с десетки методи за подобряване на свойствата на почвата, на земната основа и на скалния масив, които разширяват възможностите на съвременното строителство.

Таблица 2.1. Подялба на методите за подобряване на строителната почва

Групи	Подгрупи	Видове	Разновидности
1	2	3	4
Уплътняване	статично	с уплътнителни машини	С гладки и пневматични валеци, валеци “кози крак” и други машини
		претоварващи насипи	Насипи с вертикални пясъчни или пластмасови дренажи, с траншейни дренажи, изместващи се “дюни”
		намокряне	С и без дренажни сондажи, с дренажни сондажи с напор, с пръскане и др.
		от тежестта на съоръженията	Бавно строителство с изчакване на консолидация, с ребристи и др. подобни фундаменти
		разширяване на сондажи	Чрез нагнетяване на флуиди или на въздух
		изменение на зърнометричния състав	С добавка на по-едри или по-дребни фракции
	динамично	вибрационно на повърхността	С вибрационни валеци (плоски, пневмоколесни, смесени и др.), вибрационни плочи
		вибрационно в дълбочина	С различни видове вибратори, виброфлот
		ударно на повърхността	С леки, тежки и много тежки трамбовки, пирамидални пилоти и др.
		ударно в дълбочина	С ударни сонди с конично длето (почвени пилоти)
взривна енергия		С предварително намокряне, разширяване на сондажи, газовзривно и др.	

Заздравяване	на повърхността	смесване на място	Смеси на почва с цимент, вар, пепели от ТЕЦ, водно стъкло, битуми, полимери, смоли, с и без добавка на други химични вещества, уплътнени със статични или динамични машини
		стационарно смесване	
	в дълбочина	инжектиране чрез пропиване	На циментови, силикатни, глинести, глиноциментови, циментопуцоланови, битумни, полимерни и др. разтвори, суспензии и емулсии с или без химични добавки
		инжектиране чрез разрушаване	С циментови, циментопуцоланови или силикатни суспензии и разтвори
		смесване с хидроструен монитор	С циментови или силикатни суспензии и разтвори
		механично смесване	С портландцимент или вар
		разширени сондажи, запълнени със заздравена почва	Статично или динамично разширени сондажи, запълнени със смеси от заздравена почва (пластична или корава)
		електрохимично	Ускоряване на проникването на заздравяващи разтвори с електрически ток
		замразяване	С циркулация на газове или на преситени разтвори
		изпичане	С течно или газово гориво
Изсушаване	дрениране	гравитационно	Повърхностен водоотлив, траншейни дренажи, хоризонтални сондажи
		водопонижение	Дренажни сондажи, вакуумни иглофилтри
	физико-химично	електродренаж	Електроосмотично изсушаване
		с хигроскопични вещества	С калциев хлорид, с негасена вар на прах
Заместване	на повърхността	почвени възглавници	От уплътнена глина, баластра или пясък
		циментопочвени възглавници	От корава или пластична циментопочва
		изтласкване	С претоварващи насипи
		намиви	От пясъчни и пясъчно-чакълести почви, под вода или "на сухо"
	в дълбочина	с хидроструйна технология	Циментобентонитови тела с различна форма и предназначение (екрани, носещи колони и др.)

		колони от грубозърнест материал	От пясък, баластра и камъни, изградени с виброфлот или ударна сонда
Подобряване със синтетични материали	армиране	с геотекстил	Укрепване с тъкан и нетъкан текстил на откоси, изграждане на подпорни стени
		с мрежи и решетки	Армиране на основа от слаба почва, изграждане на насипи
		с нишки	Армиране с прекъснати и непрекъснати нишки
	водозащита с мембрани	синтетични мембрани, композитни мембрани	Противофилтрационни екрани, екрани за изолация на депа за отпадъци
защита на повърхността на откоси	с мрежи, с мрежи и затревяване	Защита на скални откоси Защита на откоси на насипи	

2. Исторически преглед

Уплътняването е най-стария метод за повишаване на устойчивостта на почвите. Използувано е през горния палеолит (40 000 до 10 000 години преди Хр.) при изграждане на малки култови могили, намерило е значително приложение през новокаменната ера (неолита), когато населението на земята е достигнало десетки милиони, започнало да води уседнал начин на живот, да изгражда селища, да развива земеделие и строи хидромелиоративни съоръжения.

Уплътняването на почвите получава голямо развитие при древните цивилизации (Ketisel, 1985). Най-старата земно-насипна язовирна стена е построена в земите на днешна Йордания 4000 г. пр. Хр. Впечатляващи със своите размери са дигите, които египтяните са строели преди около 3000 години за защита на градовете и нивите от пролетните разливания на р. Нил. През второто хилядолетие големи обеми защитни диги са изграждали шумерите и индусите, а малко по-късно и китайците.

Древните гърци са уплътнявали основата на подови настилки и на единични фундаменти. За целта са използвали ръчни трамбовки и машините с падаща тежест за набиване на дървени пилоти.

Римските градежи са били много по-тежки от гръцките и затова при тях са използвани методи за заздравяване на земната основа. Римският

историк Корнелий Тацит описва срутването на амфитеатър близо до Рим по време на представление поради загуба на устойчивост на земната основа, причинило гибел или тежко нараняване на около 50 000 човека. Това са повече жертви отколкото при войните, които са водени по това време. По този повод римският сенат през 27 г. от новата ера е приел постановление, в което между другото се забранявало занаяпред да се изграждат отговорни съоръжения без предварително проучване на земната основа и вземане на мерки за осигуряване на нейната устойчивост. Във връзка с това през следващите столетия се е разширило приложението на методи за заздравяване и уплътняване на основата.

При един от тези методи се набиват гъсто разположени дървени колове, при което се е уплътнявала околната почва.

Римляните са имали добра пътна инфраструктура, съдържаща по време на разцвета на империята 90 000 km първостепенни и 200 000 km второстепенни пътища, при чийто основи са използвани добре уплътнени почви. Например, пътят Via Egnatia, построен между 146 г. и 120 г. и свързващ гр. Дурацо на Адриатическо море с Константинопол има дължина 750 km и ширина около 8 m. Пътната настилка е от каменни плочи, положени върху уплътнени слоеве от едри и натрошени камъни, от глина, от дребен чакъл смесен с глинеста суспензия, от уплътнен глинест чакъл и др. Пътят се използва и понастоящем в Северна Гърция. От него има няколко разклонения на север, които преминават през България. Римляните са знаели не само да уплътняват почвата, но и да я заздравяват с вар. Уплътнени смеси от вар и почва са прилагани за основа на пътища, както е случая с Via Appia в Рим.

Уплътняване на почви е широко използвано по нашите земи от траките при строителството на могили (предимно между VI и II в. пр. Хр.). Техният брой е десетки хиляди, а височината им достига до 15 m (фиг. 2.1.).

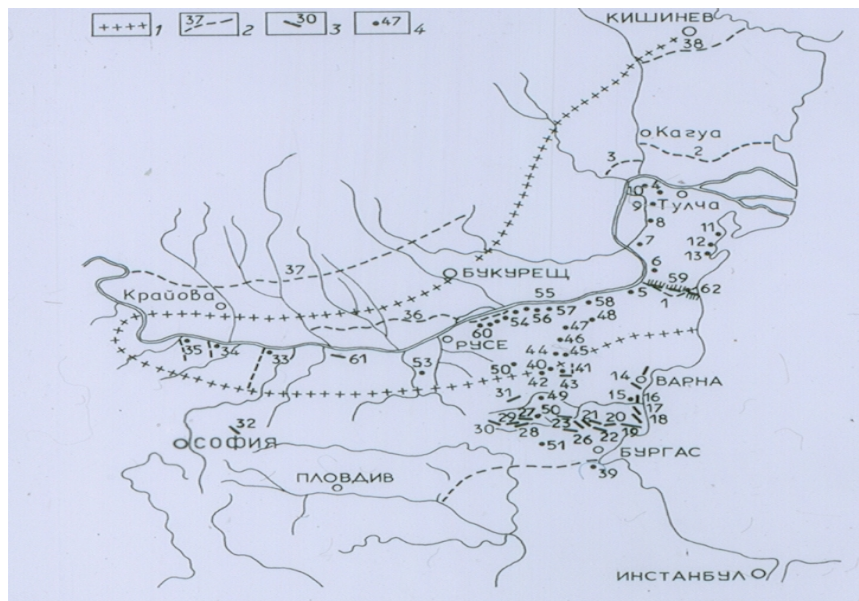
Могилите са изградени от добре уплътнени слоеве (Gergova et al., 2005), а за поддържане на устойчивостта на откосите са използвани различни начини, познати при по-старите цивилизации.



Фиг.2.1. Разрез на тракийска могила с погребална камера. *Виждат се отделните уплътнени слоеве, с които е изградена могилата. На втори план се вижда друга могила по-висока от разкопаната*

Уплътняването на почвата продължава да се използва и през средновековието. По време на Първото и Второто българско царство са

построени десетки километри отбранителни насипи - валове (фиг. 2.2), при които е прилагано уплътняване на почвата (фиг. 2.3) и укрепване на откосите.



Фиг.2.2. Карта на разположението на старобългарските валове
1. льосови наслаги; 2. големият вал в Румъния; 3-4. по-малки валове
(по карта на Рашев, 1982)



Фиг. 2.3. Разрез на вала около Плиска (разкопки на Р. Рашев)
Вижда се добре уплътнената почва , изграждаща тялото на насипа.

През средновековието големи обеми уплътнителни работи са осъществени в европейските държави. Градът-държава Венеция е построен във едноименната лагуна, като многобройните малки острови, разпръснати из лагуната са свързани с грубозърнест материал, докаран от сушата, т.е. използвано е фундиране върху възглавница. Широко е прилагано и уплътняване и армиране на земната основа с дървени колове.

Старите български столици Плиска и Преслав са построени на лъос и при тяхното проучване са установени пропадания на съоръжения, големи неравномерни слягания на тежките крепостни стени, както и деформации, предизвикани от земетресения. При фундирането на дворците, на крепостните стени и на други по-големи сгради лъосът е уплътняван с набиване на дървени колове, чийто горен край е бил съединяван с подложка от варопясъчна смес (фиг. 2.4.).

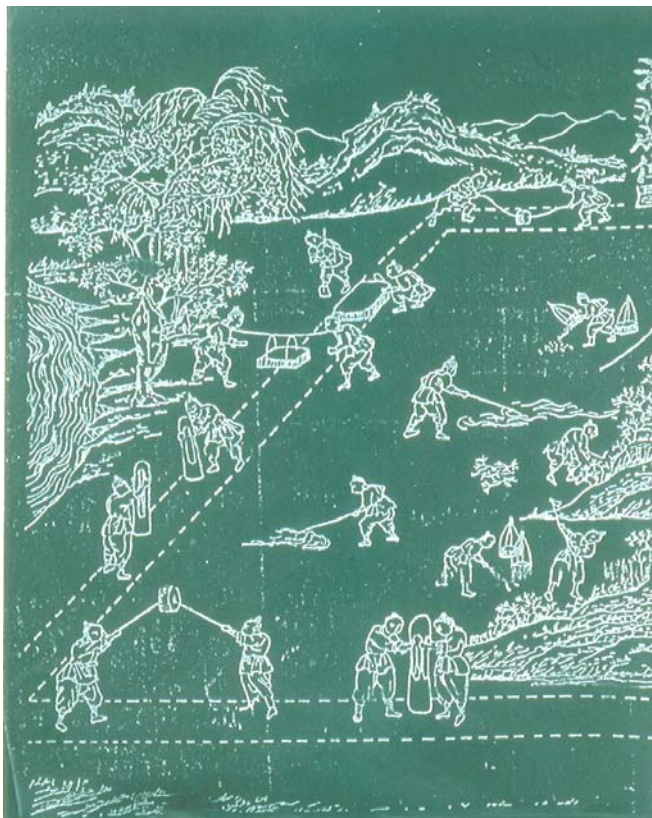


Фиг.2.4. Уплътняване на лъоса под фундаментите в Плиска с дървени колове, чийто горен край е залят с варо-пясъчна смес

През средните векове за повишаване на сеизмичната устойчивост на високи минарета в Средна Азия под фундамента е била изградена възглавница от добре уплътнена пластична глина, която при сухия климат на този район е изсъхвала и придобивала голяма якост – близка с якостта на постен бетон.

Известен е случаят със строителството на една от най-големите джамии в Цариград. Неизвестният майстор след като установил, че земната основа е изградена от слаба почва, поискал всички материали, необходими за строителството на джамията да бъдат натрупани на строителната площадка и изчезнал за 7 години. След това (т.е. след завършване на консолидационното уплътняване на основата) се завърнал и построил храма. Този метод е бил използван и при изграждането на големи антични и средновековни сгради. Например, Колизеума, катедралата “Св. Петър” и други сгради в Рим са били изградени много бавно - от десетки години до столетия, при което земната основа се е уплътнявала добре от тежестта на съоръжението.

В Китай умението да се уплътняват почви, известно от ранната античност, е доразвито през средновековието. В китайския правилник Sung от 1103 г. се дават следните указания за уплътняване на почвата: всеки почвен слой трябва да има първоначална дебелина около 16 cm, която да се намали до 10 cm с 6 удара на трамбовка, тежаща колкото двама човека (Kerisel, 1985). От старинна гравюра се вижда техниката, която е била използвана за уплътняване (фиг. 2.5.).



Фиг.2.5. Уплътняване на земната основа с ръчни трамбовки в Китай (*старинна гравюра, Kerisel, 1985*)

Съвременните механизирани методи за уплътняване на почвата са създадени в края на XIX и през XX век. От тридесетте години на миналия век започва уплътняването с тежка трамбовка и с претоварващ насип с пясъчни дренажи, които през четиридесетте години бяха заменени с хартиени, а по-късно и с полимерни ленти с непрекъснати надлъжни отвори. През тридесетте години започва въвеждането на съвременните изисквания към уплътнената почва в пътното строителство. От края на тридесетте години датира приложението на дълбочинното вибриране за уплътняване на втечняващи се пясъци. През втората половина на двадесетия век се появяват редица нови методи като уплътняването с почвени и пирамидални пилоти, взривното хидроуплътняване, уплътняването с тежките вибрационни пътни валяци и др.

Армиране на почви е прилагано от шумерите при изграждане на диги върху слаби алувиални наноси. При полагане на първите слоеве на дигата са разстиляни тръстикови рогозки, които са запазили след 4000 години (фиг. 2.6.).



Фиг.2.6. Армиране на основа на насип върху слаба почва с рогозки от тръстика , използвано от древните шумери (Kerisel, 1985г)

С плетена тръстика са били армирани и тухлените фундаментни зидове на сградите. Римляните и гърците при фундаране в слаба почва при земетръсни условия са използвали якостта на опън на дървото. В Плиска под фундаментните зидове са полагани дървени скари. Кольо Фичето, също е използвал този метод.

При изграждането на Уинчестърската катедрала в Англия през XI век, след като изкопът е достигнал до нивото на почвената вода по дъното му са били наредени една върху друга дебели букови греди, върху които е полаган фундамента. Както по-рано, така и тогава хората са знаели, че в анаеробна среда дървото не гние.

През XVI век в Холандия Andries Vierlingh написва първия труд за строителство на диги върху слаба почва, който предвижда армиране на основата и на слоеве на дигата с плетеница от слама, върбови клонки, морски водорасли и тръстика. По-късно в тази страна в основата на дигите са изградени скари от набити дървени колове, разстоянието между които е било запълвано с фашины, привързани със сламени въжета. По същото време в Италия също е било използвано армиране на глина при строителството пристанищни съоръжения върху слаба почва.

Армирането на почвата получи голямо развитие през шестдесетте години на миналия век, когато френският инженер Vidal патентова метод за изграждане на насипи от несвързана почва, при който между слоевете се поставят метални ленти, привързани към облицовката на вертикалната челна стена на насипа. Впоследствие металните ленти бяха заменени с различни по форма синтетични изделия, като значително се разви самата концепция на армирането.

Основател на инжекционните методи е френският инженер Charles Bégnigny. На тридесет годишна възраст през 1802 г., т.е. по времето на Наполеон Бонапарт, той е трябвало да реши трудния проблем с възстановяването на големия пристанищен шлюз в гр. Дьерре. Шлюзът излязъл от строя поради деформации, дължащи се на механична суфозия в чакълена основа, предизвикана от океанските приливи и отливи. След неуспешен опит да спре филтрацията под преливника на шлюза с дълбок шлиц напълнен с глина, Bégnigny решава да инжектира чакъла с гъста глинеста суспензия. Инжекциите той прави в сондажи, разположени през 1 m с изобретена от него дървена бутална помпа с ударно действие.

Докато под преливника е бил получен добър резултат, то под самия шлюз задачата се оказала по-тежка, поради изнасяне на глината под действие на големите градиенти, които се получават при океанските приливи и отливи. В този случай Bégnigny решава да инжектира вместо глина суспензия от т.н. италиански пуцолан (смес от вулканска пепел и вар), който се втвърдява под вода. Инжектирането е било толкова успешно, че новият метод през следващите години е бил приложен на редица други пристанищни съоръжения (Glossop, 1960 - 61). За тази цел през тридесетте години на XIX век започва да се използва и циментова суспензия (портландциментът е открит случайно от един английски производител на вар в самото начало на века).

По това време във Франция за първи път с циментова суспензия е инжектирана каменната зидария на акведукт, а впоследствие с варова суспензия с пуцоланова добавка и устои на мостове. В Англия инжектирането на основа на морски съоръжения се прави през петдесетте години на XIX век, а през шестдесетте – при прокаране на тунел под р. Темза.

През 1882 г във Франция за прекратяване на водопритока в минни шахти започва инжектирането с циментова суспензия на напукани скали, като през следващите 5 години този метод е приложен при строителството на 88 шахти освен във Франция, още в Белгия и Германия. Тогава се усъвършенствува значително техниката на инжекционните работи (помпи, разтворобъркачки, сондажно оборудване), както и технологичните операции (инжектиране на интервали, пръстен от сондажи около ствола на шахтата, контрол на налягането на суспензията и др.). В началото на XX век голям обем инжекционни работи в строителството на шахти е изпълнен и в САЩ.

Сериозен напредък в развитието на инжекционната циментация в минното строителство е реализиран между 1914 и 1920 г. Този напредък е свързан с името на белгиеца Albert François - инжектиране на водоносни хоризонти от дъното на шахтата, използване на по-голям брой сондажи, но с малък диаметър, два концентрични кръга, съдържащи и наклонени сондажи, големи инжекционни налягания достигащи до 200 atm и други нововъведения, които се прилагат и сега. François за първи път използва инжектиране с патентования от Yesiorsky през 1886 г. разтвор на водно стъкло.

През 1876 г. най-напред в Англия е инжектирана напукана скала под язовирна стена. Това е рождената година на един от най-широко

прилаганите методи за заздравяване и уплътняване на скали в хидротехническото строителство. През 1893 г. значителен обем циментационни работи са изпълнени при каменнозиданата стена New Croton, щат Ню Йорк – инжекционни сондажи до 30 m, промиване на пукнатините и др. От това време датира водонагнетяването в скалната основа за определяне на нейната водопропускливост (язовир Genesee River).

Инжекционната циментация в САЩ получава голямо развитие в периода 1900 - 1935 г. Още през 1915 г. на стената Estacada Dam в щата Орегон се изгражда триредова инжекционна завеса с общо 10 km сондажи, правят се водонагнетявания за изследване на ефекта на циментацията и се внедряват други технологични нововъведения. Методът непрекъснато се усъвършенствува, докато се стигне до значителния прогрес през тридесетте години при изграждането на язовирите Hoover Dam, Tennessee River, Missouri River, когато от Bureau of Reclamation (национална проектантска организация по хидротехническо и мелиоративно строителство) е съставена първата инструкция за провеждане на циментационни работи. Обобщение на натрупания до тогава опит е направено от швейцарския специалист по язовирно строителство Lugeon (Люжон, 1936).

Инжектирането на горещ битум, което се прави при карбонатни скали е въведено през 1919-1920 г. при изграждането на язовира Hales Bar Dam.

Както беше посочено, инжектирането на дисперсна почва е започнало преди това на скали, но при дребнозърнестите им разновидности прогресът е постигнат по-бавно. Главният проблем е слабото проникване на циментационната суспензия, дори при големи налягания. Една възможност за неговото решаване е използването на силикатни разтвори (двуразтворната силикатизация е патентована от Joosten през 1925 г.

Дълго време обаче остава нерешен въпроса с инжектирането на алувиалните наслаги с редуване на дребнозърнести и финозърнести водонаситени материали. Този въпрос е решен от френския инженер Ishy през 1927 г. при строителството на един язовир в Алжир с изобретяване на метода на инжектиране чрез разрушаване с помощта на маншетни тръби. От тогава до днес с малки изменения методът е приложен на огромен брой хидротехнически и подземни съоръжения, изградени в алувиални материали.

През 1938 г. Maag публикува методика за проектиране на инжекционното заздравяване, като свързва в една формула проникването на разтвора с неговия вискозитет и налягането.

Първото инжектиране на глинеста суспензия за уплътняване на дебели алувиални наслаги е направено на яз. Sautet във Франция през 1938 г. По късно, методът е усъвършенстван и приложен на редица други обекти.

След тридесетте години на миналия век са разработени голям брой методи за борба с пропадаването на льоса. Обобщение на тези методи е направено от Evstatiev (1988).

3. Развитие и перспективи на методите за подобряване на строителните почви у нас

През първите три десетилетия на ХХ век у нас са използвани неголям брой методи за подобряване на строителните почви. В пътното и железопътното строителство е прилагано механичното уплътняване при изграждане земното легло и на насипи. На някои места са изградени дълбоки хоризонтални дренажи за укрепване на свлачища.

Първите инжекционни циментации са осъществени при строителството на язовир “Бели Искър”, което започва през 1935 г. След 1946 г., когато се извършва голямо строителство на хидротехнически съоръжения у нас, почти на всеки по-голям язовир са изградени противофилтрационни завеси. През седемдесетте и осемдесетте години голям обем циментационни работи е изпълнен в минното и тунелното строителство. Натрупаният опит е разгледан в редица публикации (Антонов и др. 1958, 1960; Милков и др. 1989; Евстатиев и Ангелова, ред. 1993).

Методи за заздравяване и уплътняване у нас са използвани за борба с пропадането и филтрацията на лъоса.

Стефанов и Кремакова (1960) излагат опита в подобряването на свойствата на лъоса в Съветския съюз и в България, като се спират на 7 групи методи:

- Дълбочинно уплътняване чрез почвени пилоти;
- Повърхнинно уплътняване;
- Термическа обработка;
- Силикатизация;
- Предварително намокряне;
- Намокряне по време на строителството;
- Осоляване.

От началото на шестдесетте години от НИСИ се прилага уплътняването с тежка трамбовка, а малко по-късно започна приложението на късите пирамидални пилоти.

В края на 50-те и началото на 60-те години в НИСИ и БАН започват изследвания по заздравяването на повърхността с хидравлични свързващи вещества, които впоследствие намират приложение в промишленото, гражданското, хидромелиоративното и пътното строителство

С помощта на циментопочвена възглавница са фундирани към 120 сгради и съоръжения, включително и петте енергоблока на АЕЦ “Козлодуй”. На около 20 водоизравнителни басейни в хидромелиоративното строителство е изграден екран от заздравена почва.

Различните варианти на взривното хидроуплътняване са внедрени за борба с пропадането в хидромелиоративното и жилищното строителство. От инжекционните методи е прилагана силикатизацията (от ВИАС) и инжектирането на циментова суспензия с маншетни тръби за спиране на деформациите на съществуващи сгради. От началото на деветдесетте години с тази цел се използват и инжекционни микропилоти (БАН, МГУ и

др.). Експериментирани са хидроструйната технология и уплътняването с почвени пилоти.

В края на 90-те години на миналия век ВИАС издава “Наръчник по земна механика” в който се описват накратко прилаганите по това време методи за заздравяване на почвите (Стефанов, ред. 1989).

За борба с втечняването на пясъци под водните канали на V и VI енергоблокове на АЕЦ “Козлодуй” са използвани сондажни баластрови колони, а под реактора на АЕЦ “Белене” - дебела, добре уплътнена баластрова възглавница (Енергопроект). През деветдесетте години преовлажнени почви са изсушавани с варови колони (БАН и Транспроект).

През последните 15 години у нас постепенно започнаха да навлизат различни методи за подобряване на носещата способност на земната основа и устойчивостта на склоновете, използваващи геосинтетични материали.

О направения анализ се вижда, че в нашата страна в по-голяма или по-малка степен са прилагани или експериментирани голяма част от методите, посочени на Табл. 2.1. От методите за уплътняване не е познато вибрационното уплътняване в дълбочина, а от методите за заздравяване – дълбочинното механично смесване и методите използващи термични полета. От около 35 видове методи, които съвременния свят прилага ние нямаме никакъв опит при около 5 метода. Ако това съотношение изглежда добро, същото не може да се каже за разновидностите на тези методи, които отразяват съвременните научни постижения и технологии. Такъв е случаят с дълбочинното уплътняване на втечняващи се пясъци с виброфлотация, уплътняването на лъос с почвени пилоти, заздравяването на тини посредством дълбочинно смесване с цимент и вар, газовата силикатизация на преувлажнен лъос и др. Необходимо е още по-широко внедряване на разновидностите, използваващи геосинтетични материали.

При по-голямата част от вече прилаганите у нас методи трябва да се модернизират техническата база, да се компютъризират технологичните операции и контрола, да се въведат съвременни средства за доказване на получения ефект.

Натрупаният досега опит показва, че голяма част от катастрофите на отговорни съоръжения по света е могло да бъдат избегнати, ако не са били пропуските в проучванията и са предприети адекватни мерки за предварително подобряване на условията на геоложката среда. За съжаление, към случаите от чужбина може да се добавят и примери от нашата практика.

Ако беше извършена минимална подготовка на земната основа, нямаше да настъпи пропадане на стотиците сгради и съоръжения в Северна България, построени върху лъос. Според някои изчисления, преките и косвени разходи от това явление за периода от 1956 до 1986 г. в Северна България възлизат на 280-290 млн. лева (Минков в: Евстатиев и Ангелова, ред., 1993). Проучването на земната основа на високия жилищен блок в Свищов, който се срути по време на Вранчанското земетресение от 1977 г. и отне живота на около 100 човека показва, че водонаситената лъосова основа (която е претърпяла пропадане преди земетресението) заедно с конструктивните недостатъци на сградата са основна причина за

катастрофата. Ако лъосът беше заздравен и фундирането беше направено с обща стоманобетонна плоча, може би тази трагедия нямаше да стане.

Стотици сгради в Софийско, Монтанско, Пернишко и в други райони на страната са напукани вследствие на навлажняване и изсъхване на обемно непостоянни органични глини. Това опасно явление може да се избегне със сравнително прости начини – по-дълбоко фундиране, изграждане на пясъчна възглавница под фундаментите и др.

Огромни са също така загубите от свлачищата покрай морето, р. Дунав и нейните притоци, някои от които може да се укрепят с не трудни за изпълнение методи – хоризонтални дренажи за понижаване на нивото на подземната вода, качествен повърхностен водоотлив, подпорна стена от армирана почва и др. Многобройните слаби места по ж.п. линиите, които пречат за модернизацията на транспорта, могат да се укрепят с методи за подобряване на строителните почви.

Към посочените примери би могло да се добавят и други, но и те са достатъчни, за да се илюстрира ролята на методите за подобряване на условията на геоложката среда за устойчивото развитие на нашата страна.

Съществуват и редица други предпоставки и условия, които изискват да се преодолее изоставането в научните изследвания и в практиката на подобряването на строителните почви. По-нататъшната урбанизация и развитието на инфраструктурата на страната биха били много улеснени с приложението на съвременни методи за заздравяване на земната основа. Непрекъснатото намаляване на земеделските земи и тяхната приватизация все повече ще налагат за строителство да се използват терени, които преди са считани за непригодни – ниски земи покрай морето и големите реки, дебели лъосови масиви, карстови райони, терени заети от промишлени и градски отпадъци и др., което не може да се осъществи без тяхната предварителна подготовка.

Освен това у нас предстои изграждане на съоръжения със сложни и трудно предвидими въздействия върху околната среда. Това са хранилищата за повърхностно и дълбочинно погребване на преработени краткоживущи и дългоживущи радиоактивни отпадъци, при които се използват инженерни бариери, включващи естествена почва, композити на почвена основа, синтетични материали и дълготрайна дренажна система. Подобни мероприятия се изпълняват и при санитарните сметища, които предстои да се изградят.

Индустриализацията на страната остави огромни депа от промишлени отпадъци. Независимо от това дали ще се строи върху тях или ще бъдат използвани за строителен материал, няма да може да се мине без приложение на методи, които се прилагат при естествените строителни почви.

Всички тези обективни нужди и предпоставки изискват по-нататъшно развитие на инженерната геология и на геотехническото инженерство, включително и на методите за заздравяване и уплътняване на почвите.