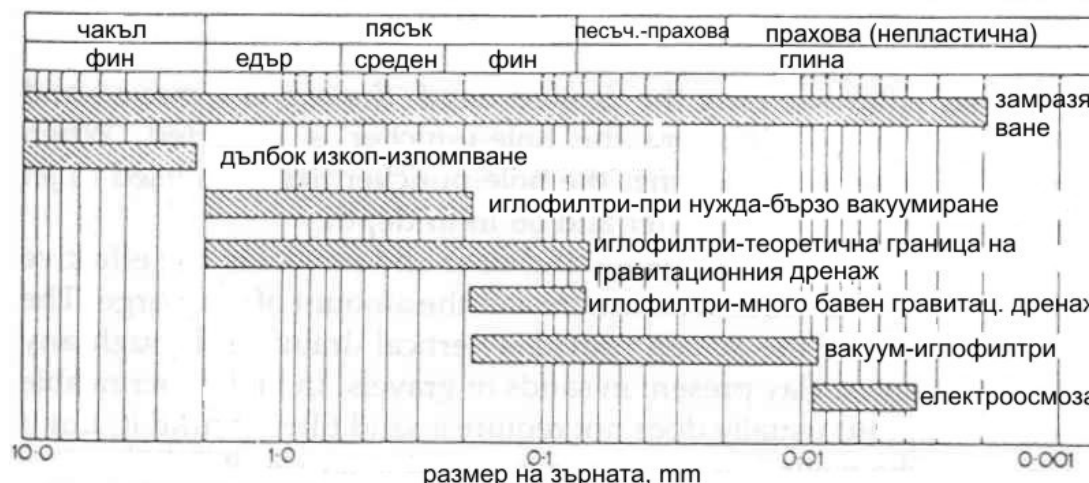


24. ПОДОБРЯВАНЕ НА СТРОИТЕЛНИ ПОЧВИ ЧРЕЗ ВОДОПОНИЖЕНИЕ, ЕЛЕКТРООСМОЗА И ИЗСУШАВАНЕ

1. Водопонижение

Водопонижението се осъществява посредством открито водоотвеждане; водопонижаващи сондажни кладенци и леки иглофилтрови уредби. При слабопроницаеми почви се използва вакуумиране и електроосмоза (фиг. 24.1).



Фиг. 24.1. Метод за водопонижение според типа на почвата (по Bell, 1993)

Приложението на един или друг метод се определя от водопроницаемостта на почвата, от дебелината на водоносния хоризонт, от неговите хидравлични особености и от необходимата дълбочина на понижаване на водното ниво.

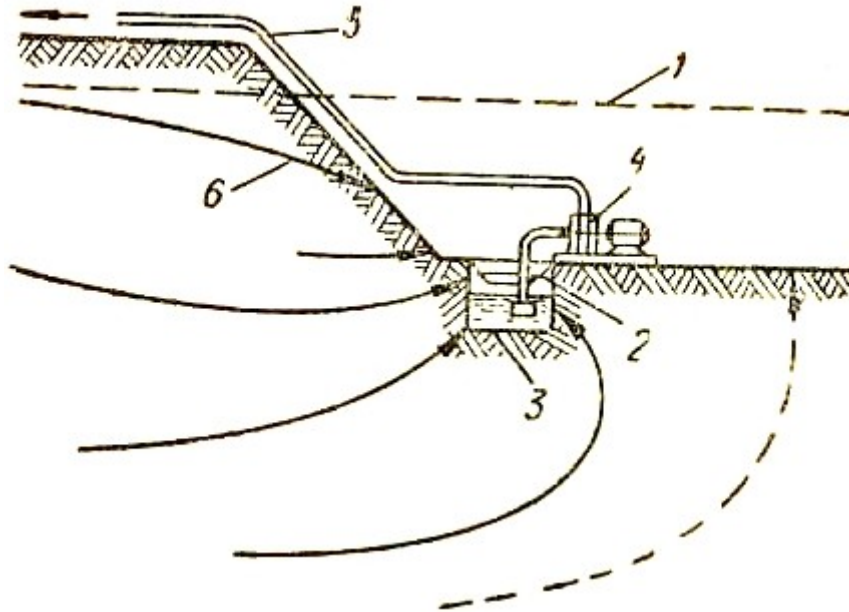
Водопонижението е временна мярка, позволяваща изкопните работи да се извършат на сухо т.е. в по-здрав масив. В същото време понижаването на нивото на подземната вода може да предизвика слягане на околния терен и повреди на съществуващите съоръжения.

Водопонижение чрез открито водоотвеждане

Откритото водоотвеждане е най-евтиния и най-широко прилаган метод за понижаване на водното ниво при изкопни работи. Приложимо е при дълбочина на изкопа до 8 m.

Строителният изкоп се изгражда с канавки, заустени във водосливни шахти, разположени в ъглите на изкопа под нивото на неговото дъно (фиг. 24.2.). От шахтите с помпи непрекъснато се изчерпва водата. Първоначално може да се пуснат в действие всички помпи до достигане на желаното понижаване на водното ниво, а след това то да се поддържа с една от помпите.

Канавките се изкопават наново след всяко задълбочаване на изкопа.



Фиг.24.2. Схема за водопонижение чрез открито водоотвеждане.

1. първоначално ниво на почвената вода; 2. водосборна канавка; 3. водосливна шахта; 4. помпа; 5. напорен тръбопровод; 6. криви на понижението на водното ниво (по Банник, 1976).

Водопонижение с взаимодействащи сондажи

Методът е използван в хидротехническото и особено в минното строителство при изграждане на шахти. Обикновено се прилага при $k_f > 5$ m/24h и дебелина на водоносния пласт над 20 m.

Около осушавания участък се пробиват водопонижаващи сондажи, разположени по окръжност, чието разстояние се определя по съответни хидрогеоложки изчисления. В сондажите се пускат потапящи се помпи за изнемване на водата. Образуваните около всеки сондаж депресионни фунии се пресичат и третираният пласт остава над общата депресионна фуния.

За изчисляване на взаимодействието на сондажни кладенци се използват аналитични и полуемпирични методи, които в Минногеоложкия университет се изучават в курса по Динамика на подземните води. В строителството е намерил приложение полуемпирическият метод на Алтовски (Банник, 1976).

Водопонижение с иглофилтрова уредба

За понижаване на нивото на подземната вода в пясъчни, пясъчно-глинести и тинести почви широко приложение са получили иглофилтровите уредби. В различните страни се използват разнообразни конструкции водопонизителни иглофилтрови уредби, които се отличават

с мощността си и с броя на иглофилтрите, но всички имат всмукателен помпен агрегат, система от разпределителни тръби и иглофилтри.

Иглофилтърът представлява колона от метални тръби с диаметър 35-75 mm с дължина до 10 m, в долния край на която се намира самия филтър с дължина 1 m. Колоната се забива в почвата по хидравличен начин като във върха ѝ се подава вода под налягане или се спуска в предварително пробити сондажи. В този случай дължината на колоната може да е по-голяма. В последно време металните тръби биват измествани от геосинтетични (Bell, 1993).

Иглофилтрите обикновено се нареждат в няколко реда около строителния изкоп като всеки ред осъществява водопонижението до определена кота.

Водопонижение с приложение на вакуум

Описаните до тук методи не са достатъчно ефективни при строителни почви с $k_f < 1$ m/24h. Един от начините за повишаване на ефективността на водопонижението е прилагането на вакуум. По този метод вакуумът се създава посредством херметически затворени сондажи, като с помпи се изтегля въздуха от тях.

Под действие на вакуума водата се изтегля на повърхността и се осъществява водопонижение. Методът дава най-добри резултати при k_f от 2-3 до 0,1 m/24h.

Водопонижението под вакуум може да се приложи на отделни сондажи, на група сондажи и при работа с описаната по-горе иглофилтрова уредба. При последната прилагането на вакуум увеличава 1,5-2 пъти скоростта на понижение на водното ниво.

България разполага със собствен опит във водопонижението с иглофилтрова уредба, включително под действие на вакуум (Евстатиев и Манов, 1988).

При разширението на Корабостроителния завод в гр. Варна бяха построени две нови докови камери, едната от които бе предназначена за 100 000 тонни кораби. Камерите бяха фундаментирани във водонаситен глинест пясък на 14 m под морското ниво, като изкопът бе направен чрез драгиране. За отводняване на строителния изкоп от към страната на канала беше направен стоманен шпунт тип "Ларсен". След това се пристъпи към изграждане на водопонизителната система, съдържаща групи от по 100 иглофилтри, свързани с водосливен колектор и задействувани от помпена станция, съдържаща една резервна и една действаща вакуумпомпа. Броят на станциите беше 54, като редовете иглофилтри бяха 3 броя в северната и 4 броя в южната част на изкопа.

По време на строителството вследствие на хидростатичен натиск от към канала, дълбокият шпунт подаде, но деформирането му беше прекратено с насип от към изкопа.

Преди да се пристъпи към фундаране дъното на изкопа беше покрито с 2,5 m пясъчна възглавница.

2. Електроосмотично осушаване на строителни почви

Осушаването по този метод се осъществява по следния начин. Във влажната строителна почва се забиват електроди и през тях се пропуска постоянен електрически ток. Под действието на тока водата се насочва към катода, който е снабден с филтър и с помпа за изкачване на водата на повърхността. Освен придвижването на водата в строителната почва се извършват и електрохимически процеси, изразяващи се в придвижването на йоните в поровия разтвор към електродите с противоположен знак. Важно значение има натрупването в анодната зона на хидроокисите на Fe и на Al. Този процес може да се управлява като едновременно с тока в пространството между електродите се придвижва електролит, който изменя структурата на почвата и създава нови структурни връзки (вж. гл. 21).

На движението на водата или на електролита оказва влияние порестостта на почвата, свойствата на водата, състава и състоянието на почвата. Скоростта на движение на водата при електроосмоза може да се определи по формулата на Релтов (Банник, 1976).

$$V = k_E \cdot E$$

k_E – коефициент на електроосмотичната филтрация;

E – градиент на електрическия потенциал;

$$k_E = \frac{Ql}{tU.F.n}, \text{ където:}$$

Q – количеството вода, което се отделя при електроосмозата, cm^3 ;

l – разстояние между електродите, cm ;

t – време на действие на електрическия ток, sec ;

F – площ на филтрация, cm^2 ;

n – порестост в части от единицата;

U – напрежение на тока;

k_E се изменя от 0,5 до 13 за различните почви.

На практика катодите представляват иглофилтри и разстоянието между тях е от 0,6 до 2,4 m.

В литературата има много примери за електроосмотично и електрохимично подобряване на земната основа. Ржаницин (1986) дава пример с прокарване на изкоп на 14 етажна сграда. Коефициентът на филтрация на водонаситените пясъчливи глинени е бил $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ cm/s}$. По периметъра на изкопа са били поставени 380 електрода в два реда. След включване на тока било постигнато допълнително водопонижение и строителството е осъществено при сухи условия.

В гр. Залцхитер в Германия е трябвало да се прокара железопътен изкоп с дълбочина 7 m във водонаситен лъос. Откосите обаче са се разпъзвявали след дълбочина на изкопа 2 m. По предложение на Казагранде е приложен електроосмоза. Дебитът на изпомпването преди електроосмоза е бил $0,02 \text{ m}^3/24\text{h}$, а след включването на тока е нараснал до $3,0 \text{ m}^3/24\text{h}$ т.е. увеличил се е 150 пъти. Откосите, които на са били

устойчиви при наклон 1:3, след електроосмотичното осушаване са се държали добре и при наклон 1:0,75.

В нашата страна възможностите на електроосмотично осушаване и заздравяване са разгледани от Драганов (1986). От неговата книга е взет горния пример.

Изушаване на строителна почва с негасена вар

Негасената вар е хигроскопично вещество и нейният осушителен ефект е използван в практиката в два основни случая:

- за намаляване на водното съдържание на преувлажнена почва при заздравяване на повърхността с портландцимент;
- за понижаване на водното съдържание на почвата в дълбочина чрез изграждане на варови и варопочвени колони.

При заздравяване на строителните почви с портландцимент в пътното строителство или за изграждане на екрани в хидромелиоративното строителство има случаи, когато почвата има водно съдържание $w > w_{opt}$. Намаляването на w може да се осъществи чрез предварителна обработка на почвата с негасена вар на прах (вж. гл. 9 и гл. 11). Освен изсушаване варта предизвиква физикохимични и химични процеси, които повишават якостта на заздравената почва (вж. гл. 9).

Дълбочинното изсушаване и заздравяване на преувлажнена почва с негасена вар се прилага а в практиката по две технологички схеми:

- чрез смесване на почвата с вар на прах с помощта на специални сондажни приспособления (вж. гл. 20);
- чрез уплътняване на варта в предварително прокарани сондажи.

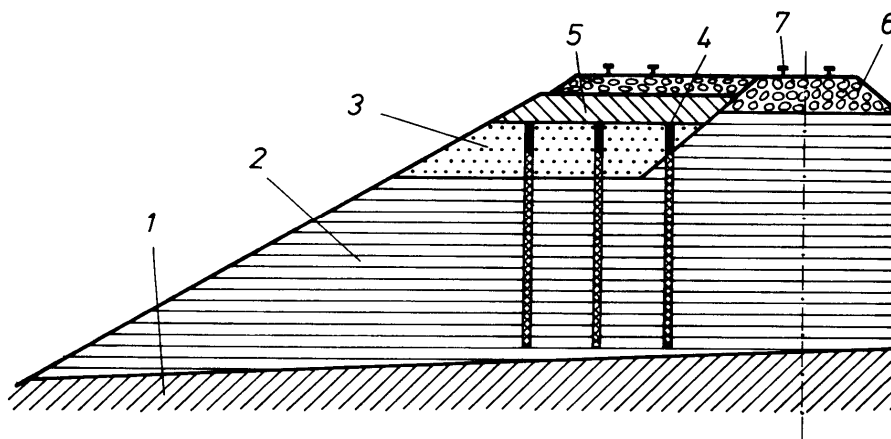
В настоящата глава се разглежда вторият случай. При него в сондажи, прокарани на разстояние 2,0 – 2,5 m се набива негасена вар. При гасенето на варта температурата нараства до 300⁰C, варта увеличава значително обема си и диаметърът на сондажа нараства със 60-80%, което предизвиква уплътняване на околната почва. С времето настъпва миграция на Ca⁺⁺ в около сондажното пространство. В резултат w намалява от 2 до 9%, а деформационният модул нараства 2-3 пъти.

Този метод беше приложен у нас за изсушаване на преувлажнен железопътен насип (Evstatiev et al., 1995). По ж.п. линията София-Варна са изградени недобре уплътнени насипи от мергелни глини, които са се преувлажнили с течение на времето (вж. гл. 3). На един от тези насипи с дължина 400 m е извършено изсушаване на почвата с варови колони.

За да не се прекъсва движението по ж.п. линията насипът е разделен на две половини по надлъжната му ос и изсушаването е направено първо на една от тях по следната технологичка схема:

- Изземване на най-горните три метра от насипа (фиг. 24.3.);
- Възстановяване на 2 m от насипа с добре уплътнена почва;
- Пробиване на шахматно разположени в три реда сондажи с диаметър 0,25 m, дължина 8-9 m и на разстояние 2,5 m един от друг, общо 456 m сондажа при работа на 4 сонди едновременно (фиг. 24.4.);

- Набиване на негасена вар на буци в сондажите с помощта на сондажната трамбовка, в горната част на сондажа е направена тапа от уплътнена почва с дебелина 1 m;
- Изграждане на водозащитна варопочвена възглавница с дебелина 1 m.



Фиг. 24.3. Разрез на изсушената и заздравена част от насипа с помощта на варови колони и варопочвена възглавница
 1- естествена основа; 2- тяло на насипа; 3- иззета част от насипа и възстановена в уплътнено състояние; 4- варови колони; 5- варопочвена възглавница; 6- балластрова призма; 7- железопътна линия



Фиг. 24.4. Пробиване на сондажните отвори със шнек



Фиг. 24.5. Насипване на негасена вар в сондажа.
Насипването се извършва на порции от по една количка, като всяка порция се уплътнява до отказ с трамбовката



Фиг. 24.6. Момент от уплътняването на варта в сондажа
Вижда се преминаващ влак по нетретираната част от насипа

Посредством теренни и лабораторни изпитвания един месец след изсушаване на насипа е установено намаляване на водното съдържание w до 5%, увеличаване на компресионният модул от 5,4 до 9,0 МРа, на

пресиометричният модул от 2,1 МРа до 3,2 МРа и на съпротивлението на срязване от 0,056 МРа на 0,095 МРа.

Друг случай на успешно приложение на метода е при изсушаването на обратния насип на телевизионната кула в гр. Русе, преувлажнен вследствие нарушаване на вертикалната планировка и аварии на ВиК мрежата, която преминава през него (Evstatiev et al., 2008). Водата от преувлажнени насип е проникнала в дълбочина, което е предизвикало нежелателно активизиране на сляганята.

Изсушаването е направено по описаната технология. Изградени са 299 варови колони с обща дължина 1384,5 m, с диаметър на сондажите 220 mm, по 1 колона на 1,3 m². Установено е намаление на водното съдържание до 5% и увеличение на модула на обща деформация с 50 %. Нарастването на слягането на кулата е преустановено.

Методът е използван и за спиране на слягането на фундаментите на едно училище в гр. Русе, предизвикано от увеличаване на водното съдържание на льосовата основа.