

## 6. УПЛЪТНЯВАНЕ НА ПРОПАДЪЧНА ПОЧВА С ПРЕДВАРИТЕЛНО НАМОКРЯНЕ

### 1. Същност на метода

Както беше посочено по-напред, льосовата основа от II тип има свойството да пропада след намокряне под действието на собственото си тегло. Пропадането се дължи на размекването на глинестите връзки между пясъчните и праховите частици, както и на разкливащото действие на водата. Размерът на пропадането зависи от дебелината на пропадъчния пласт и при условията на Северна България може да достигне до 2,0 m.

Пропадъчността на льосовата основа от II тип под действие на собственото ѝ тегло стои в основата на разглеждания метод. При него преди започване на строителството, льосът се намокря до разрушаване на структурните му връзки и настъпване на пропадане.

В СССР са извършени голям обем изследвания за развитие на метода, включващи послойно измерване на деформациите, на придвижването на водния фронт в дълбочина и встрани и др. От изпитване с опитни басейни 30x30 m е установено, че пропадането на дълбочина 22,5 m започва 50 дни след началото на водоналиването, на дълбочина 30,0 m – след 108 дни, а на 45 m – след 455 дни. Следователно, уплътняването е продължителен процес и изисква голямо количество вода. Поради това този метод е прилаган най-много в хидромелиоративното строителство.

Проектирането на метода се предшества от инженерногеоложко проучване, при което се определя типа на льосовата основа, нейната дебелина, изменението на плътността в дълбочина, водното съдържание, коефициентът на филтрация и пропадането при геоложки товар. За определяне на типа на основата най-меродавни са данните от пропадания в района на бъдещото съоръжение.

Инженерногеоложкото проучване трябва да включва и оценки за евентуалните въздействия на намокрянето на околните съоръжения, както и на екологичните последствия от постъпването в льоса на големите количества вода и от евентуалното покачване на нивото на подземната вода.

Деформациите на льосовата основа по време на водоналиването и след него се измерват по геодезически път. След достигане до стойности 1-2 mm седмично се пристъпя към изграждане на съоръжението.

Количеството вода, необходимо за намокряне на основата може да се определи по формулата на Виноградов за неголеми площи:

$$Q = K_f \cdot (b + 2 \cdot h \cdot \lambda \cdot \sqrt{1 + m^2}) \cdot (a + 2 \cdot h \cdot \lambda \cdot \sqrt{1 + m^2}) \cdot t \quad (1)$$

където:  $a$  - дължина на заливаната площ, m;

$b$  - ширина на заливаната площ, m;

$k_f$  - коефициент на филтрация на льоса, m/24h;

$h$  - воден напор, m;

$\lambda$  – коефициент, отчитащ страничното поглъщане на водата,  
 $\lambda=1,3-1,4$

$m$  – наклон на откосите на заливания изкоп;

$t$  – време на намокрянето;

Количеството вода  $Q$  за намокряне на  $1 \text{ m}^3$  льос се определя по формулата:

$$g = \frac{\rho_d \cdot (w_m - w)}{\rho_v \cdot 100} \cdot m^3 \quad (2)$$

където:

$w_m$  – максимално водно съдържание, което може да поеме льоса, %;

$w$  – естествено водно съдържание на льоса, %;

$\rho_d$  – обемна плътност на скелета на сухата маса,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\rho_v$  – плътност на водата,  $\text{kg/m}^3$ .

Пример:

При  $w_n=30\%$ ,  $w=10\%$ ,  $\rho_d=1500 \text{ kg/m}^3$  и  $\rho_v=1000 \text{ kg/m}^3$  се получава  $Q=300$  литра вода за намокряне на  $1 \text{ m}^3$  льос.

## 2. Приложения на метода

За първи път методът е приложен в Русия през 1914-1915 г. при изграждане на хидромелиоративни съоръжения върху льос в Гладната степ. Едно от тях, главният бетонен резпределител на Малекския канал, е било експлоатирано до 1958 г. През следващите десетилетия, включително и след II световна война, методът е приложен на десетки канали и хидротехнически съоръжения. При каналите най-напред е построяван малък пионерен канал, в който е подавана вода до затихване на сляганията. За да се постигне това са били необходими много месеци, като размерът на пропадането на повърхността - до 3,0 и повече метра е достигало до дълбочината на проектирания канал.

За уплътняване на основата на съоръжения с ограничена площ се правят плитки изкопи, ограничени с ниски диги, като по дъното на изкопа се разстила дренажен материал.

Приложенията на метода в бившия Съветски съюз е регламентирано с инструкция, която се използваше и у нас през шестдесетте и седемдесетте години на миналия век.

В Съединените щати методът е използван в льосовите райони след Втората световна война, когато е била уплътнена основата на язовирната стена Медсийн Крик в Небраска (льос с дебелина 21 m), при други язовирни стени и напоителни канали. Широко приложение методът е намерил в долината Сан Джоакин в Калифорния, като е допринесъл много за превръщането на полуаридната равнинна част на долината в един от процъфтяващите земеделски райони на САЩ.

Долината Сан Джоакин е покрита с пролувиални пропадъчни прахово-песъчливи почви. Приложението на метода е започнало с инженерногеоложко проучване на тези почви и едромашабни теренни опити.

Методът е използван при изграждането на канала Сен Люис, които има ширина 61 m, дълбочина 10 m и дебит 370 m<sup>3</sup>/s. След намокряне на основата пропаданията са достигнали до 4,5 m, а при настъпване на суфозия – до 7,0 m. Многогодишната експлоатация на канала е сериозен атестат за ефективността на метода.

Методът е прилаган в Румъния при строителство на хидротехнически и хидромелиоративни съоръжения в лъос. С предварително намокряне е уплътнена пропадъчната лъосова основа с дебелина 24 m на пречиствателна станция. Пропадането е започнало 10 дни след началото на намокрянето и е продължило месеци след това.

У нас за първи път възможностите на този метод разглеждат Стефанов и Кремакова (1960). Методът е приложен за уплътняване на лъоса при язовирите “Шишманов вал” и “Ковачица”. В изградените басейни е поддържан воден стълб от 1,5 m в продължение на 2-3 месеца. Средната стойност на пропадането е около 30 cm. Разходите за уплътняването са възлезли на 0,5 – 1,0 % от стойността на съоръженията.

Друго съоръжение, на което е използван този метод е изравнителят на напоителната система “Софрониево” – Врачанско, с площ на дъното 18 000 m<sup>2</sup> (вж. фиг. 11.2.). При постоянен воден стълб 0,8 m и дебелина на пропадъчната зона 13 m водоналиването е продължило няколко месеца. Средната стойност на пропадането е 0,5 m, а максималната 0,7 m. За достигане на тези стойности са били необходими 0,6-0,7 m<sup>3</sup> вода за уплътняване на 1 m<sup>3</sup> лъос. Фундирането на помпената станция до изравнителя е извършено, когато сляганията след пропадането са намалели под 2,0 mm за една седмица.

Уплътняване на лъос с предварително намокряне е приложено и при изграждане на големите охладителни канали за първите енергоблокове на АЕЦ “Козлодуй” (фиг. 6.1.).



Фиг. 6.1. Уплътняване на лъос чрез водоналиване при охладителните канали на I и II блок на АЕЦ “Козлодуй”



Фиг. 6.2. Уплътняване на лъос чрез водоналиване при охладителните канали на I и II блок на АЕЦ “Козлодуй”

*Пукнатина по откоса вследствие на пропадане .*

При каналите за охлаждане на енергоблоковете дебелината на лъоса е неголяма - около 8 m, но тъй като лабораторните изследвания са показали наличие на пропадане при геоложки товар се пристъпва към приложение на разглеждания метод. Водоналиването продължи няколко месеца. По геодезически път са установени пропадания до 5-7 сантиметра, което е значителна стойност, за да предизвика отваряне на фугите, суфозия и други неблагоприятни процеси, които биха могли да компрометират сигурността на тези отговорни съоръжения.

Както се вижда, разглежданият метод се е утвърдил в редица страни и у нас за уплътняване на пропадъчни почви предимно за хидротехническото и хидромелиоративно строителство, където се разполага с големи количества вода.

### 3. Недостатъци на метода и начини за тяхното отстраняване

Според досегашния опит показва уплътняването с предварително намокряне е един от най-евтините и достатъчно надеждни методи за борба с пропадането на лъоса.

В същото време този метод има редица недостатъци:

- голяма продължителност на уплътняването – при лъос с голяма дебелина може да продължи до две години;
- колматацията на дъното на изкопа, в който се подава водата, може да забави значително нейното проникване в дълбочина;
- след завършване на пропадането настъпват продължителни след пропадъчни деформации, предизвикани от разсейването на водата встрани от преовлажнената почва;

- добре изразените погребани почви могат да послужат като водоупор (макар и несъвършен), който може да забави проникването на вода в дълбочина;
- около уплътняваната площадка се образуват големи пукнатини, които могат да се разпространят до 50 m извън нея и да засегнат съществуващи съоръжения;
- уплътняването на основата започва от дълбочина 6-9 m и не отстранява опасността от пропадане под действие на допълнителния товар на съоръженията;
- повдигането на нивото на подземната вода може да предизвика свличания в близко разположени склонове и наводняване на избените помещения на разположени в близост сгради;
- льосовата основа е била водоненаситена и разположена в полуаридна зона в течение на стотици хиляди години и драстичното изменение на влажностния режим в дълбочина може да има непредвидими екологични последици.

Изброените недостатъци на метода са известни на специалистите и за тяхното преодоляване са използвани различни начини:

- за ускоряване на намокрянето са прилагани пясъчни сондажни дренажи, разположени един от друг на разстояние от 2 до 5 m;
- за намаляване на колматацията на дъното на изкопа е използвано намокряне чрез дъждуване, какъвто е случаят със стената на яз. Шермън в Съединените щати;
- за уплътняване на най-горните няколко метра от пропадъчната основа, които са останали неуплътнени по разглеждания метод, може да се използва тежка трамбовка;
- ефективността на метода значително се увеличава при комбинирането му с взривно уплътняване (вж. гл. 7).