

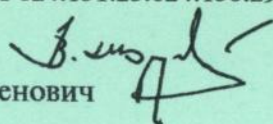
ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ  
У СПРАВАХ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

На правах рукопису

УДК 624.131.23:624.138.29

ШОКАРЄВ Віктор Семенович



**Р О Б О Т А**  
**МАСИВІВ ЛЕСОВОГО ГРУНТУ**  
**ПРИ ГІДРОВИБУХОВОМУ УЩІЛЬНЕННІ**

Спеціальність 05.23.02 - Підвалини та фундаменти

**А в т о р е ф е р а т**  
дисертації на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Київ - 1997

№. 38.251

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00737913 (U)

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ  
У СПРАВАХ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

На правах рукопису  
УДК 624.131.23:624.138.29

ШОКАРЄВ Віктор Семенович

Р О Б О Т А  
МАСИВІВ ЛЕСОВОГО ГРУНТУ  
ПРИ ГІДРОВИБУХОВОМУ УЩІЛЬНЕННІ

Спеціальність 05.23.02 - Підвалини та фундаменти

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

ЛНБ ім. В. Стефанива  
АН України

Київ - 1997

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному науково-дослідному інституті будівельних конструкцій (НДІБК).

**Науковий керівник** - доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник

**А.М.Рижов.**

**Офіційні опоненти** - доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник

В.Д.Воробйов,

- кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник

І.О.Розенфельд.

**Провідна організація** - Полтавський державний технічний  
університет.

Захист дисертації відбудеться "15" липня 1997 р. о 13<sup>30</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради ДО1.14.01 при НДІБК за адресою:

252037, Київ - 37, вул. І.Клименка, 5/2.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту.

Відгуки на автореферат просимо надсилати на ім'я вченого секретаря у двох екземплярах, завірені печаткою.

Автореферат розісланий "14" червня 1997 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат технічних наук



М.Г.Мар'єнков

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В умовах переходу до ринкових відносин, структурної перебудови економіки та формулювання нової житлової політики пріоритетними напрямками в розвитку капітального будівництва є: скорочення строків інвестиційного процесу, підвищення рівня застосованих технологій, раціональне використання грошових і матеріальних ресурсів. Через те, що в цілому 90% території забудови міст і сіл України відзначається складними геолого-екологічними та структурно-тектонічною обстановками і зазнає постійно діючих небезпечних впливів, велика роль у вирішенні питань захисту від них приділяється фундаментобудуванню.

На цей час розроблені і вживаються різні методи підготовки основ, складених лесовими просідаючими ґрунтами, які засновані або на ущільненні і закріпленні ґрунтів, або прорізуванні товщі глибокими пальовими фундаментами, кожен з яких має свою раціональну область застосування. Але все це пов'язане з додатковими роботами по забезпеченню безпеки та експлуатаційної придатності будівель і споруд, до того ж вартість, трудомісткість робіт, витрати матеріалів на улаштування основ і фундаментів в лесових просідаючих ґрунтах в 1,5...3 рази вище, ніж у звичайних умовах. Головною причиною прояву осідання ґрунтів є їх аварійне замочування з водонесучих комунікацій та загальне підняття рівня підземних вод, в зв'язку з чим доцільно впроваджувати попередню інженерну підготовку будівельних майданчиків замочуванням, у т.ч. з використанням енергії вибуху глибинних зарядів.

Ущільнення осідаючих ґрунтів гідровибухом в останні десятиріччя розповсюдилось завдяки відносно простій технології, високому ступеню ущільнення ґрунту та низькій вартості. Загальна кількість підготовлених цим методом основ досягла 300 при щорічному обсязі до 2 млн. м<sup>3</sup> ущільнюваного ґрунту.

Разом з цим, при проектуванні і будівництві на гідровибухових основах виникають свої труднощі, обумовлені тривалістю часу, необхідним зниженням вологості ґрунту після вибуху,

відносно великими осіданнями, в т.ч. нерівномірними, від ваги будівель та споруд, які монтуються.

В роботі використані аналітичний і експериментальний методи виконання наукових досліджень з оснащенням об'єктів досліджень високоточною вимірювальною технікою, що забезпечує достовірність одержаних висновків і рекомендацій.

Мета роботи. Дослідження процесу деформування водонасичених лесових ґрунтових масивів при ущільненні глибинними вибухами і спорудженні будівель у поєднанні з розробкою способів прискорення консолідації ґрунту для скорочення строків підготовки основ.

Наукову новизну роботи складають:

- закономірності реалізації деформацій водонасичених лесових ґрунтових масивів при їх ущільненні глибинними вибухами, у т.ч. послідовними серіями;
- інженерна методика осередненої величини порового тиску у ґрунтовому масиві;
- експериментальні дані про знакоперемінні деформації в багат шарових основах та розміри ґрунтових масивів, залучених у процес ущільнення при гідровибусі;
- експериментально встановлені фактори, які впливають на деформації частково консолідованих основ безкаркасних будівель;
- методи прискорення консолідації ґрунту.

Практична цінність роботи полягає в тому, що одержані автором в процесі досліджень нові засоби ліквідації окремих вад гідровибухового способу забезпечили:

- скорочення витрат води, вибухових труб;
- прискорення процесу консолідації;
- зниження рівня нерівномірних деформацій будівель, які споруджуються на частково консолідованих основах;
- улаштування внутрішньоквартальних мереж, розташованих у зоні гідровибуху без водонепроникних лотків.

Результати досліджень вносились в проекти ущільнення основ та впроваджувались в будівельну практику при інженерній підготовці нових мікрорайонів та окремих будівель в м. Запоріжжі, в т.ч. в умовах щільної міської забудови. Таким чином, апробація одержаних результатів проводилась на натурних об'єктах при широкомасштабному будівництві.

#### На захист виносяться:

- результати експериментальних досліджень процесу деформацій водонасичених лесових ґрунтових масивів при ущільненні їх глибинними вибухами, в т.ч. послідовними серіями;
- інженерна методика визначення осередненої величини порового тиску в ґрунтовому масиві;
- результати визначення знакоперемінних деформацій багаточарових основ і розмірів ґрунтових масивів, які залучаються в процес ущільнення при гідровибусі;
- рекомендації по зниженню рівня нерівномірних деформацій частково консолідованих основ безкаркасних будівель;
- методи прискорення консолідації ґрунту.

#### Апробація роботи .

Основні результати і висновки дисертації одержали позитивну оцінку на: республіканській науково-технічній конференції “Проблеми захисту і будівництва будівель та споруд на осідаючих ґрунтах” (1987 р., м.Запоріжжя); УІІ науково-технічній конференції молодих науковців в області дослідження будівельних конструкцій (1989 р., м.Київ); симпозиумі з міжнародною участю “Авангардні технології в будівництві і будівельній індустрії” (1989 р., м.Софія, Болгарія); конференції “Про заходи по забезпеченню надійності проектування і будівництва об'єктів в умовах осідаючих ґрунтів на території України” (1993 р., м.Дніпропетровськ); ІУ Російській конференції з іноземною участю “Нелінійна механіка ґрунтів” (1993 р., м.Санкт-Петербург); науково-технічній нараді “Методи захисту будівель і споруд та ефективні технології

підготовки основ на осідаючих ґрунтах” (1994 р., м.Київ); Російській конференції з іноземною участю “Механіка ґрунтів і фундаментобудування” (1995 р., м.Санкт-Петербург”; II Українській науково-технічній конференції по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню” (1995 р., м.Полтава), де автор виступав з доповідями та повідомленнями.

Публікації : по темі дисертації опубліковано 13 друкованих робіт.

Структура і обсяг роботи . Дисертація складається з вступу, п’яти глав, висновків, списку літератури з 139 найменувань, 2 додатків. Викладена на 173 стор, в т.ч. містить 127 стор. тексту, 35 рисунків, 11 таблиць.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані наукова новизна, практична значимість, представлені основні положення, які виносяться автором на захист.

Перша глава присвячена аналізу стану питання, постановці мети і задач досліджень.

Відзначено, що працями багатьох учених спеціалістів, у т.ч. вітчизняних (Ю.М.Абелєв, М.Ю.Абелєв, О.О.Акімов, В.П.Ананьєв, Ю.А.Багдасаров, Л.Г.Балаєв, І.П.Бойко, А.С.Вайнберг, Я.Д.Гільман, М.Н.Гольдштейн, В.Н.Голубков, А.О.Григорян, В.І.Гупаленко, Н.Я.Денисов, А.М.Дранников, А.Ф.Заворотний, С.М.Клепиков, Н.В.Корнієнко, А.І.Крігер, В.І.Крутов, А.К.Ларіонов, І.М.Литвинов, Г.М.Ломізе, Г.А.Мавлянов, А.І.Марков, І.В.Матвеєв, М.С.Метелюк, А.А.Мусаєлян, А.А.Мустафаєв, Н.А.Осташев, Б.О.Ржаніцин, І.О.Розенфельд, А.А.Рубінштейн, А.М.Рижов, В.Є.Соколович, Л.М.Тимофєєва, Р.А.Токарь, А.С.Трегуб, М.О.Цитович, Г.І.Чорний, В.Б.Швець, В.Б.Шевельов, О.В.Школа та інш.) створена теоретична база захисту будівель від осідань, винайдені різноманітні методи усунення осідаючих

властивостей ґрунтів, у т.ч. з використанням енергії вибуху, розроблена система норм і стандартів, які регламентують порядок будівництва у цих складних інженерно-геологічних умовах.

Дається короткий опис практики використання енергії вибуху для ущільнення малозв'язних ґрунтів, етапів утворення і суті гідровибухового способу ущільнення лесових просадочних ґрунтів і методів будівництва на підготовлених цим способом основах.

Найбільш повно закономірності ущільнення просадочних ґрунтів гідровибухом сформульовані в роботах І.М.Литвинова, А.М.Рижова, В.І.Крутова, Ю.М.Кундрюцького, Г.Ф.Шишко, О.Т.Шулькевич, Н.М.Молочкової та інш. Правила будівництва багатопверхових безкаркасних будівель на підготовлених гідровибухом основах розроблені С.М.Клепиковим, А.С.Трегубом, І.В.Матвеевим та інш.

Узагальнення досвіду підготовки основ будівель і споруд гідровибуховим способом в різних геологічних умовах країн СНД забезпечило систематизацію напрямків досліджень по удосконалюванню і розвитку способу та визначення їх рівня на сучасному етапі.

Дається оцінка теоретичним і експериментальним дослідженням по прискоренню консолідації ґрунту, вивченню фізико-механічних властивостей ущільнених ґрунтів і дослідженню деформацій безкаркасних будинків, зведених на частково консолідованих основах.

Аналіз показав, що вимагають подальших досліджень такі питання, як управління консолідацією ґрунту після гідровибуху: призначення оптимальних розмірів перетворюваних масивів, підвищення ступеню порушення ґрунтової структури, осередненого коефіцієнта фільтрації і порового тиску в ущільнюваній товщі лесів.

Відзначено, що висунуті раніше припущення щодо можливості тимчасового зниження фізико-механічних

характеристик ґрунтів після динамічних дій до цього часу не підтвержені експериментальними даними.

Проведені експериментальні дослідження і досвід підготовки основ гідровибухом, набутий в 60...80 роки, надали необхідності формулювати подальші задачі, перш за все:

- аналіз і дослідження потенціалу деформацій лесових ґрунтів при ущільненні попередньо замочених неоднорідних масивів глибинними вибухами, у т.ч. послідовними серіями;
- розробка інженерної методики визначення осередненого значення порового тиску в ґрунтовому масиві при гідровибусі;
- дослідження знакоперемінних деформацій багатошарових основ і розмірів ґрунтових масивів, які залучаються в процес ущільнення при гідровибусі;
- дослідження окремих факторів, які впливають на деформації частково консолідованих основ безкаркасних будівель і розробка рекомендацій по зниженню рівня їх нерівномірності;
- розробка і апробація в натурних умовах методів прискорення консолідації ґрунту.

Друга глава присвячена аналізу і дослідженню потенціала деформацій лесових ґрунтів при ущільненні неоднорідних масивів гідровибухом, у т.ч. послідовними серіями глибинних зарядів до початку будівництва, а також під час спорудження будівель.

Виявилось, що потенціал деформацій ґрунту вибирається деформаціями обсягу, які найбільш точно можна розрахувати, використовуючи концепції критичного стану ґрунту.

Численні експериментальні дослідження на натурних майданчиках в м.Запоріжжі свідчать про те, що будь-яке порушення структури водонасиченого ґрунту викликає збільшення ступеню прояву деформацій.

На підставі порівняння загального потенціалу деформацій, одержаного в лабораторних умовах, та їх фактичних значень,

одержаних автором при ущільненні ґрунтів гідровибухом в натурних умовах, показано, що прогнозовані по нормативних документах деформації занижені в 2,5...4,4 рази в порівнянні з натурними.

Порушення структури і ущільнення супроводжується передачею на порову воду тиску від власної ваги ґрунту і динамічного навантаження. У випадку повного порушення структури ґрунту виникає максимально можливий надмірний тиск у воді.

Автором запропоновано вимірювати кількість води, яка віджимається, ( $Q$ ) у часі, осереднену осадку ( $S$ ) поверхні основи площею ( $F$ ), і, розраховуючи коефіцієнт фільтрації ( $K_{\phi} = Q/F$ ), фіксувати величину порового тиску ( $\sigma$ ), її зміну у часі по залежності

$$\sigma = \frac{V_B \gamma_w L}{K_{\phi}}, \quad (1)$$

де  $V_B = (\rho_{dk} - \rho_{дн})S/\rho_{dk}$  - швидкість фільтрації;  $\rho_{dk}$  і  $\rho_{дн}$  - початкове і кінцеве значення щільності ґрунту у сухому стані;  $\gamma_w$  - щільність води;  $L$  - довжина шляху фільтрації.

Це забезпечує оцінку тиску, що передається вибухом на водонасичений ґрунт і викликає порушення його структури.

Ущільнення водонасиченого ґрунту супроводжується віджиманням води і зниженням його фільтруючої здатності.

По характеру експериментальних часових залежностей видно, що стабілізація осідань буде більш повною після здійснення серій глибинних вибухів (рис. 1). Якщо одна серія глибинних вибухів скорочує час фільтраційної консолідації до кількох місяців, то дві, три серії - до кількох тижнів (днів), що повністю вкладається в заплановані темпи будівництва. Різкий перегин кривої фільтраційної консолідації свідчить про те, що скорочується не тільки тривалість первинної фільтраційної, але і частково вторинної консолідації.

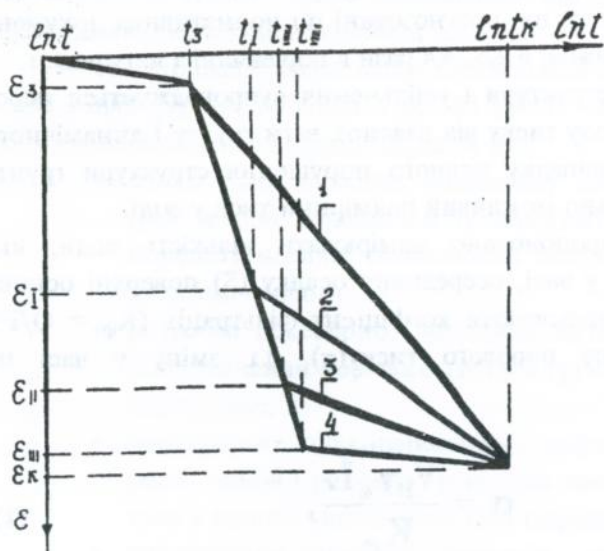


Рис. 1. Прискорення фільтраційної і вторинної консолідації ґрунту водонасичених лесовидних суглинків енергією вибуху глибинних зарядів:

1 - спрямлена крива первинної і вторинної консолідації (до вибуху); 2 - прискорення консолідації після першої серії глибинних вибухів; 3 - прискорення консолідації після другої серії глибинних вибухів; 4 - прискорення консолідації після третьої серії глибинних вибухів.

Тривалість фільтраційної і вторинної консолідації після серії вибухів складає по експериментам 2...3 міс., тобто в 2...5 разів менше, ніж при ущільненні одноразовим вибухом.

Виявлена закономірність, що збільшення ущільнення ґрунту, яке спостерігається в процесі обох стадій консолідації, приводить до зростання несучої здатності основи, що складена обробленими гідровибухом ґрунтами.

Показано, що інтенсивність осідання ущільнених масивів під вагою споруджуваних будівель має деякі особливості. Так, обмеження горизонтальних деформацій оброблюваного масиву навколишнім середовищем більш пружного ґрунту непорушеної структури не впливає суттєво на прояв і зростання загальних осадок під фундаментами будинку, що зводиться на гідровибуховому масиві, замкнутого зверху потужною подушкою механічно ущільненої глини.

Обґрунтовано істотний вплив розмірів споруджуваних блоків, швидкості прикладення монтажних навантажень і ступеню

стабілізації осідань після гідровибуху від власної ваги ґрунту на загальну осадку будинків.

В третій главі викладається методика і результати експериментальних досліджень роботи масивів лесового ґрунту при гідровибуховому ущільненні і спорудженні будівель.

Дослідження проводились на об'єктах м.Запоріжжя, ґрунти яких до глибини 26,0...32,0 м мають осадочні властивості.

Геологічні вишукування включали оцінку: інженерно-геологічних умов майданчиків; ступеню зволоження і властивостей ґрунтів до гідровибуху; якості улаштування ґрунтових подушок, властивостей ґрунтів у процесі консолідації і спорудження будівель. Всього було здійснено такі види і обсяги польових і лабораторних досліджень: проходка розвідувальних свердловин - 4086 п.м., технічних свердловин - 995 п.м., шурфів - 723 п.м., радіокаротаж - 5110 п.м., дослідження властивостей ґрунтів: фізичних - 10249 дослідів, зсув - 727 дослідів, компресія - 835 дослідів, критична щільність - 49 дослідів.

Порівняння даних радіоактивного каротажу з результатами лабораторних досліджень зразків ґрунту, відібраних з шурфу, показало їхню практично повну збіжність; осереднені по шарам значення вологості розрізняються між собою не більше ніж на 0,01 дол.од., а щільність ґрунту в сухому стані - на 0,1...0,3 кН/м<sup>3</sup>. Це дозволило широко використати при вивченні фізичних властивостей ґрунтів методи радіоактивного каротажу.

Програмою геодезичних досліджень передбачалось: визначення вертикальних деформацій багат шарових масивів ґрунту, ущільнених гідровибухом, на 32 майданчиках (в спостережну мережу включені 2440 поверхневих марок) і спостереження за осіданням у часі 100 блок-секцій довжиною 25, 50, 75 м.

Геодезичні спостереження проводились з початку замочування масивів ґрунту і продовжувались 3...12 міс. до початку улаштування ґрунтових подушок; в процесі монтажу будівель - поповерхово, а в період експлуатації будівель - через 1, 6, 12 міс.,

в подальшому - один раз на рік при загальній тривалості до 7 років.

Фактичні осідання поверхні ґрунту через 80 діб після вибухів склали 62...140 см і в середньому для багатошарових масивів склали 60% від потенціальних. По даним розрахунків величина порового тиску досягає в середньому по масиву 0,22...0,58 МПа.

Показано, що розміри ущільнених масивів залежать від кроку і кількості дренажно-вибухових свердловин, маси одиночних зарядів ВР, фізико-механічних властивостей ґрунту. По даним інженерно-геологічних вишукувань показано, що масиви ґрунту, які залучаються в процес порушення структури, в 2...3 рази перевищують розміри ущільнюваних майданчиків під будівлі.

З аналізу напруженого стану і щільності ґрунтового масиву в момент проходження вибухової хвилі впливає: після вибухів глибинних зарядів з уповільненням в декілька секунд напруження від вибухового імпульсу на значній глибині перевищує структурну міцність замоченого ґрунту, проте збоку і над зарядами формуються зони відносно низьких напружень, що свідчить про можливість переущільнення ґрунту в цих місцях і його розпушення при зсуві. Через 2...3 місяці після вибухів фіксується безперервне збільшення щільності ґрунту в сухому стані на 0,3...1,1 кН/м<sup>3</sup> ( $\rho_d = 15,2...16,2$  кН/м<sup>3</sup>) і модуля деформації в 1,34...3,5 рази ( $E = 6,7...11,2$  МПа), однак в окремих шарах на глибині 6,5...10 м і 11...17,4 м мають місце знакоперемінні деформації.

Крапкове розпушення ґрунту (об'ємна маса ґрунту в сухому стані знизилась на 0,1...4,6 кН/м<sup>3</sup>) зафіксовано у 145 випадках (80% від загальної кількості досліджуваних майданчиків). Експериментально встановлено, що стан розущільнення ґрунту є проміжною фазою в процесі консолідації ґрунту. Після вибуху в даному масиві другої серії глибинних зарядів розпушення ґрунту виявлено тільки за межею розміщення глибинних зарядів, тобто обсяг всього масиву підлягає ущільненню. Повторні глибинні вибухи викликають додаткове зменшення щільності ґрунту під зарядами, що збільшує деформації ущільнення.

Осереднені осадки ущільнених масивів під вагою будівель склали 70...425 мм. Встановлена їхня лінійна залежність з нерівномірними деформаціями ( $\Delta S = 25...190$  мм). На протязі першого року експлуатації з врахуванням монтажних осідань реалізується 83% зафіксованих осідань, а після другого року - 90%. Осідання мають чітко виявлену тенденцію до стабілізації. Так, якщо швидкість осідань ущільнених масивів в процесі прикладення монтажних навантажень дорівнювала в середньому 1,83 мм/добу, то за перший рік експлуатації вона знизилась у 8 разів, а в наступні шість років - в 25...28 разів. Для практичного використання експериментально підтверджені величини коефіцієнтів жорсткості гідровибухових основ на стадії будівництва, які дорівнюють 900...2000 кН/м<sup>3</sup> і залежать від характеристик будівлі, що проектується, і фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Нахили блок-секцій в період монтажу складають 3/4 максимальних значень, а в перший рік експлуатації вони досягають своїх граничних значень: поздовжні знаходяться в межах 0,0003...0,0072; поперечні - 0,0007...0,01. В наступні шість років збільшення нахилів не зафіксовано.

Експериментально встановлено наявність впливу на осідання блок-секцій ступеню стабілізації домонтажних осідань (від власної ваги), довжини блок-секцій, швидкості прикладення монтажних навантажень (рис. 2).

Зв'язок між ступенем стабілізації осідань від власної ваги ґрунту і середніми осадками має вигляд показникової функції. Збільшення технологічної перерви з 3,5...4 міс. до 12...14 міс. дозволить знизити монтажне осідання в 2 рази, а кінцеве - в 1,5 рази. При цьому нахил будівлі зменшується в 1,4...1,65 разів.

Осідання і поздовжній нахил подовжених блок-секцій (50...75 м) менше в 1,1...1,2 рази ніж одинарних (25 м).

При збільшенні тривалості спорудження будівель з 12 міс. до 20...30 міс. монтажне осідання зменшується в 1,5...2,0 рази, а також зменшуються нерівномірні деформації з 44...53 мм до 10...12 мм.

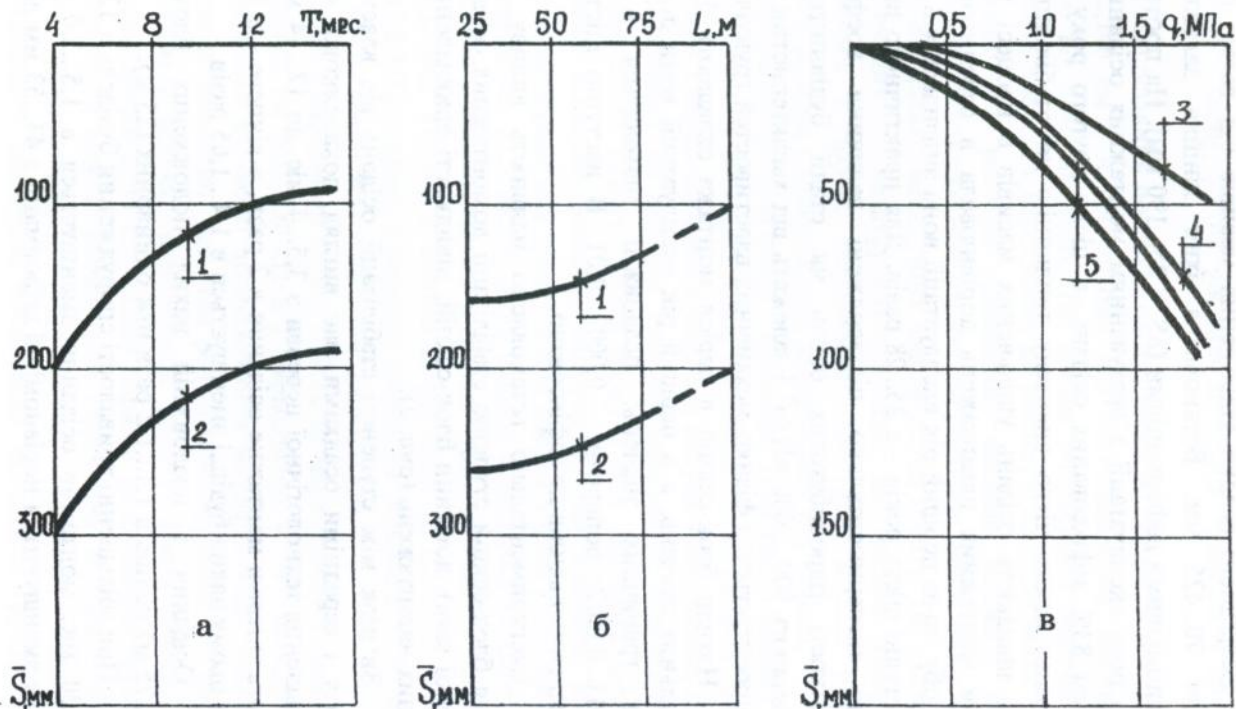


Рис.2 Графіки залежності середньої осадки від:

а - ступеню стабілізації від власної ваги ґрунту; б - довжини фундаментів; в - швидкості спорудження будинку. 1,2 - монтажні і стабілізовані осадки; 3,4 - осадки через 30 і 20 місяців після вибуху; 5 - теж, через 2,5...3,0 місяці; --- прогноз

Здійснені дослідження забезпечили можливість визначити наступні шляхи зниження нерівномірних деформацій за рахунок: збільшення тривалості технологічної перерви або внесення в проект декількох серій глибинних вибухів; зниження швидкості приросту тиску від монтажних навантажень; збільшення довжини блок-секцій до 75...100 м; вибору оптимальної ґрунтової подушки з різною компенсаційною здатністю по довжині будівлі, що знижується до вільного торця.

Четверта глава присвячена розробці і дослідженням в натурних умовах способів прискорення консолідації ґрунту при гідровибусі.

Основою управління процесами прискорення консолідації ґрунту при гідровибусі є підвищення значень таких величин:

- осередненого коефіцієнта фільтрації товщі;
- ступеню порушення структури ґрунту.

На трьох дослідних майданчиках, розташованих в м.Запоріжжі, були апробовані нові модифікації гідровибухового способу, спрямовані на прискорення консолідації ґрунту.

Лесові ґрунти дослідних майданчиків мають властивості просідання на глибину 26,0...32,0 м. Можлива величина просідання при природному тиску дорівнює 40...62 см. Потенціальні вертикальні деформації дорівнюють 165...203 см.

На майданчику № 1 проводилось дослідження модифікації гідровибухового способу, по якому замочування проводилось не з поверхні ґрунту, а з розрахункової глибини.

Ущільнення попередньо водонасичених лесових ґрунтів енергією вибуху глибинних зарядів, при збереженні природної вологості верхніх шарів ґрунту, підвищує коефіцієнт фільтрації масиву за рахунок переведення верхніх шарів ґрунту в переущільнений стан і утворення в них значної кількості тріщин, а також скорочення товщини шару ґрунту, який повинна подолати надлишкова вода до проникного шару.

На майданчику з розмірами в плані 30х30 м по квадратній сітці 5,0х5,0 м бурились: дренажні (по контуру) і суміщені дре-

нажно-вибухові свердловини діаметром 350 мм і глибиною 20,0 м. Пробурені дренажні свердловини засипались на всю глибину щебнем, а дренажно-вибухові - до відмітки 7,0 м. По центру дренажно-вибухових свердловин встановлювались труби діаметром 100 мм, на кінцях яких закріплювались вибухові контейнери з перфорованим дном, а зазор між трубою і ґрунтовою стінкою зачеканювався місцевим суглинком.

Замочування ґрунтів майданчика привело до утворення зложеної зони складної форми, при цьому рівень поверхні води зафіксований на глибині 7,0 метрів, а по контуру майданчика - 1,0 м.

Осереднені значення осадок поверхні ґрунту через 1 добу після вибуху зарядів ВР масою 15 кг склали 85...90 см, з наступним збільшенням за 60 діб до 155...160 см.

Тривалість консолідації ґрунту на дослідному майданчику було скорочено на 40% у порівнянні з майданчиком, де ущільнення проводилось за традиційною технологією. Це стало можливим за рахунок інтенсивного віджимання води через додаткові тріщини, які утворились у верхній частині масиву в 3...4 ряди по контуру котлована через 1...2 м з розкриттям до 50 мм.

На майданчику № 2 було досліджено спосіб прискорення консолідації ґрунту за рахунок підвищення ступеню порушення структури ґрунту шляхом оптимального розміщення зарядів ВР по глибині. Аналітичні дослідження напружено-деформованого стану масива по методу д.т.н. Рижова А.М. показали, що найбільший ступінь порушення структури ґрунту в цих інженерно-геологічних умовах досягається при розміщенні зарядів ВР на глибині 16,0 м.

Підготовчі роботи на майданчику розмірами 25,0x30,0 м включали буріння дренажних ( $l = 20,0$  м) і вибухових свердловин ( $l = 16,0$  м) діаметром 350 мм в шаховому порядку з кроком 5,0x5,0 м. Перші заповнювались щебнем і з'єднувались водорозподільними траншеями. Вибухові свердловини з метою забезпечення стійкості стінок від обрушування за час замочування ґрунту заповнювались суспензією. Для розміщення і занурювання зарядів ВР використовувались металічні контейнери, які вдав-

лювались на розрахункову глибину буровою установкою після замочування ґрунтів. Середні осадки поверхні ґрунту через 1 добу після вибуху склали 90...100 см з наступним збільшенням за три місяці до 130 см.

Осереднена щільність будови ґрунту  $N_n$  по майданчику в момент проходження вибухової хвилі при вибухах зарядів ВР на глибині 16,0 м склала 0,87. При розміщенні зарядів вибухової речовини на глибині 9,0 м осереднена щільність будови ґрунту склала 0,88. Додаткові осадки на 1 м ущільнюваного ґрунту досягали величини порядку 1,0 см.

Фактичні осадки поверхні ґрунту дослідного майданчика на 20 см перевищили деформації на майданчику-аналозі, де ущільнення здійснювалось по традиційній технології. По даним геодезичних спостережень оптимальне просторове розміщення зарядів ВР в масиві сприяло прискоренню процесу консолідації ґрунту в 1,4 рази за рахунок більш повного порушення структури ґрунту.

На майданчику № 3 досліджувався вплив багатосерійних глибинних вибухів на процес консолідації ґрунту. Котлован був виконаний з розмірами в плані 25x30 м. По сітці 5x5 м бурились дренажні свердловини (42 шт.) діаметром 350 мм і глибиною 22 м, в 20 центральних свердловинах були встановлені труби ПВХ діаметром 100 мм і довжиною 10 м для розміщення в них зарядів вибухової речовини, а між дренажно-вибуховими свердловинами з кроком 5x5 м були пробурені додаткові вибухові свердловини (16 шт.) глибиною 11,5 м.

Вибухові роботи виконувались після замочування ґрунтів на протязі 40 діб за три етапи через добу:

- I етап - серія вибухів з 16 зарядів; маса одиночного заряду ВР - 15 кг; глибина закладення зарядів - 10,5 м; крок - 5x5 м.

- II етап - серія вибухів з 10 зарядів; маса одиночного заряду ВР - 15 кг; глибина закладення зарядів - 9 м; крок - 10x7 м.

- III етап - серія вибухів з 10 зарядів; маса одиночного заряду ВР - 15 кг; глибина закладення зарядів - 9 м; крок - 10x7 м.

Прийнята глибина закладення зарядів 9...10,5 м забезпечила можливість звести до мінімуму вплив на процес консолідації

грунту додаткового порушення структури ґрунту за рахунок розширення і заглиблення зони зруйнування структури, яке мало б місце при розміщенні зарядів ВР кожної серії, наприклад, рівномірно по всій глибині ущільнюваної товщі. На експериментальному майданчику товщина шару ґрунту з трьохкратним порушенням структури дорівнювала 7 м.

В результаті вибухів зарядів ВР кожної серії відбувалось різке зниження денної поверхні ґрунту. Після першої серії вибухів спостерігався інтенсивний вихід води на поверхню, і після другої і третьої серії вибухів вода продовжувала віджиматись на поверхню. Середні осадки ґрунту через 1 добу після проведення вибухів зарядів ВР відповідно від першої, другої і третьої серії склали: 64 см, 31 см, 16 см (рис. 3). Середні осадки ґрунту через 2 місяці збільшились до 145...165 см.

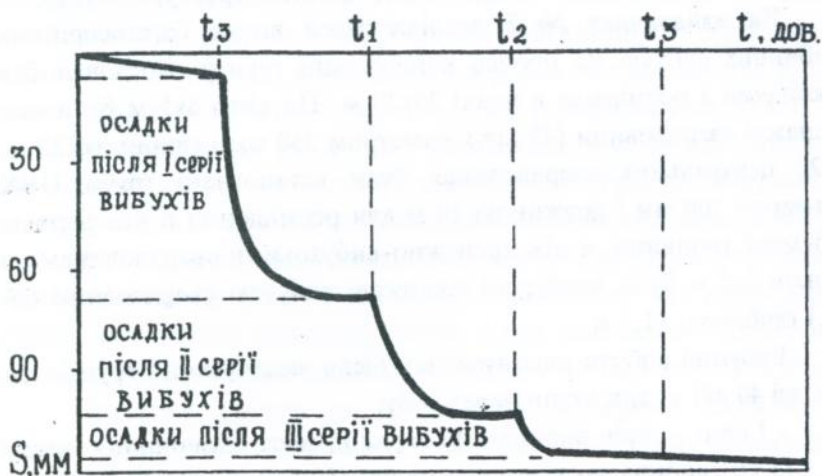


Рис.3. Графік осідання поверхні ґрунту у часі при послідовному підриванні зарядів трьома серіями

Ущільнення попередньо водонасичених лесових ґрунтів товщиною 7 м трьома серіями глибинних зарядів з інтервалом часу між кожною серією 1 доба скоротило час консолідації ґрунту в 2 рази. Послідовне підривання в даних ґрунтах глибинних

зарядів ВР трьома серіями, з гарантованим порушенням структури ґрунту товщиною 20...30 м, забезпечує скорочення часу консолідації в 4...6 разів.

П'ята глава дисертації присвячена результатам практичної реалізації досліджень і їх економічного аналізу. Визначені основні тенденції удосконалення гідровибухового методу і перспективи подальших досліджень.

Застосування розробленого автором способу ущільнення лесових товщ багатосерійними вибухами глибинних зарядів в водонасичених ґрунтових масивах замість пальових фундаментів і використання розроблених рекомендацій по зниженню нерівномірності деформацій конструкцій на 10...12 поверхових великопанельних, цегляних житлових будинках в 17, 18 м-нах Хортицького житлового масиву м.Запоріжжя дало економічний ефект 713 тис. крб. (в цінах 1984 р.), при цьому зекономлено 12014 м<sup>3</sup> бетону і 346 тн арматури.

У заключенні викладені основні висновки дисертаційної роботи:

1. Експериментально встановлена закономірність прискорення консолідації ґрунту при гідровибусі від ступеню порушення його структури і коефіцієнта фільтрації масива. Показано, що стабілізація осідань виявляється більш повно при гармонічному здійсненні серій глибинних вибухів з розташуванням зарядів ВР через 1,5...2 м по глибині і переводом верхніх шарів товщ в перещільнений стан, який супроводжується утворенням значної кількості тріщин в ґрунтах. Здійснення двох, трьох серій скорочує термін фільтраційної консолідації до кількох тижнів (днів) і тривалість вторинної консолідації, а також підвищує несучу здатність основи.

2. Експериментально обґрунтована методика визначення величини порового тиску в ґрунтовому масиві, яка по замірянній кількості води, що віджимається на протязі деякого часу, і розрахованому значенню коефіцієнта фільтрації інтегрально оцінює значення тиску в момент вибухів на водонасичений ґрунт.

За даними досліджень поровий тиск в середньому по масиву досягає 0,22...0,58 МПа.

3. Експериментально і теоретично встановлено, що масив ґрунту, який залучається в процес порушення структури при гідровибусі, в 2...3 рази перевищує розміри товщі під плямою будівлі. Через 2...3 міс. після динамічного навантаження щільність ґрунту у сухому стані збільшиться до 15,2...16,2 кН/м<sup>3</sup>, а модуль деформації - до 6,7...11,2 МПа. На глибинах 6,5...10 м і 11...17,4 м у 145 випадках тимчасово фіксувались знакоперемінні деформації, внаслідок формування при вибухах зон відносно низьких напружень, переущільнення ґрунту і його розпушення (щільність ґрунту в сухому стані знизилась на 0,1...4,6 кН/м<sup>3</sup>).

4. Експериментально встановлено вплив на загальні осадки блок-секцій ( $S = 70...425$  мм) ступеню стабілізації технологічних осадок від власної ваги ґрунту (до монтажу блок-секцій), а також довжини блок-секцій, швидкості прикладення навантажень. Проведені дослідження забезпечили можливість визначити шляхи зниження нерівномірних деформацій ( $\Delta S = 25...190$  мм) в 2 рази за рахунок: збільшення тривалості технологічної перерви до 12 міс. або проведення декількох серій глибинних вибухів; зниження швидкості приросту монтажних навантажень в 2,5 рази, збільшення довжини блок-секцій до 75...100 м, вибору оптимальної потужності ґрунтових подушок з різною компенсаційною здатністю по довжині будівлі (що знижується до вільного торця).

5. Для практичного використання експериментально одержані значення коефіцієнтів жорсткості гідровибухової основи на стадії будівництва, що дорівнюють для будмайданчиків Запоріжжя 900...2000 кН/м<sup>3</sup>.

6. Новизна запропонованих модифікацій гідровибухового способу, спрямованих на прискорення консолідації ґрунту в 4...5 разів, скорочення витрат води до 25% і 4,0...5,0 км вибухових труб на 1 га ущільнюваної площі, підтверджена а.с. № 1392201 і а.с. № 1294993.

7. Ущільнення ґрунту серіями вибухів глибинних зарядів при будівництві 10...12 поверхових великопанельних, цегляних житлових будинків в м.Запоріжжі замість паливових фундаментів дало економічний ефект 713 тис. крб. (в цінах 1984 р.) і економію 12014 м<sup>3</sup> бетону і 346 тн арматури.

Основні положення дисертації відображені в таких роботах:

1. А.с. 1392201 СРСР, МКІ<sup>4</sup> Е 02 Д 3/10. Спосіб ущільнення масиву просадочного ґрунту / В.В.Чаплигін, А.С.Трегуб, В.С.Шокарев (СРСР). - 3 с. - іл.

2. Рижов А.М., Шокарев В.С., Чаплигін В.В., Рудь В.М., Нужний В.П. Основні результати ущільнення просадочних ґрунтів при гідродозованій технології з використанням енергії вибуху // Мін. буд. в р-нах Уралу і Західного Сибіру СРСР / НТІ. - 1989. - Вип. 6. с. 42...46.

3. Рижов А.М., Шокарев В.С. Осадки споруд, збудованих на основах, підготовлених гідровибуховим методом // Materialele schimbului de experienta (8) ВАСАУ, 1990, - 221...227 р.

4. Трегуб А.С., Шокарев В.С., Топольян С.С. та інш. Удосконалювання проектування безкаркасних будинків на основі статистичного моделювання їхньої взаємодії з ущільненою основою і армомасивами. - Київ; НДІБК Держбуду СРСР. Вид. № 20-91, 1991.- 92 с.

5. Шокарев В.С. Дослідження особливостей роботи системи "блок-секція довжиною 75,0 м - гідровибухова основа" // Materialele schimbului de experienta (9) ВАСАУ, 1992. - 125...132 р.

6. А.с. 1794993 СРСР, МКІ<sup>5</sup> Е 02 Д 3/10. Спосіб ущільнення слабких водонасичених ґрунтів - А.М.Рижов, П.Л.Іванов, А.А.Вовк, Л.І.Демешук, В.С.Шокарев (СРСР). - 3 с. : іл.

7. Шокарев В.С., Рижов А.М. Нерівномірні деформації при будівництві багатоповерхових житлових будинків на основах, підготовлених гідровибуховим методом // Нелінійна механіка ґрунтів: Тез. доп. ІУ Російській конф. з іноземною участю. 23-25 червня 1993 р. Санкт-Петербург, 1993. - с. 83...91.

8. Рижов А.М., Шокарев В.С. Ущільнення попередньо обводнених лесових просадочних ґрунтів серіями вибухів глибинних зарядів // Будівельні конструкції. Респ. міжвід. науково-техн. зб. / Вип. 47-48 - Київ: НДІБК, 1995. - с. 18...22.

9. Шокарев В.С., Рижов А.М. Контроль якості ґрунтів, ущільнених гідровибуховим методом // Будівельні конструкції. Респ. міжвід. науково-техн. зб. / Вип. 47-48 - Київ: НДІБК, 1995. - с. 23...30.

10. Рижов А.М., Шокарев В.С. Зміни механічних характеристик лесових ґрунтів при їх ущільненні. Прискорення фільтраційної консолідації ґрунтів при гідровибусі. Осадки будинків на ущільнених основах // Введення в нелінійну механіку ґрунтів і фізичне моделювання основ споруд / Рижов А.М. - Запоріжжя: "Видавець", 1995. - с. 415...428.

11. Шокарев В.С. Фактори, які впливають на осадки багатопверхових житлових будинків, збудованих на гідровибухових основах // Materialele schimbului de experienta (10) BASAU. 1994 - 175...182 р.

12. Шокарев В.С., Рижов А.М. Вплив многократних глибинних вибухів на процес консолідації водонасичених лесових ґрунтів // Механіка ґрунтів і фундаментобудування: Праці Російської конференції по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню в ; 4т. т.4 13-15 червня 1995 р. - Санкт-Петербург, 1995. - с. 129...134.

13. Шокарев В.С. Методи прискорення консолідації ґрунту при гідровибусі // Українська науково-технічна конференція по механіці ґрунтів і фундаментобудуванню. Зб. наукових праць в 3 т. т.3 / Полтавський технічний університет. - Полтава; 1996. - с.50...53.

### **Аннотация**

Шокарев В.С. Работа массивов лессового грунта при гидро-взрывном уплотнении.

Диссертация на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.23.02 - Основания и фундаменты. НИИ строительных конструкций. Киев, 1997.

Экспериментально-теоретически исследовано влияние последовательных серий глубинных взрывов, коэффициента фильтрации массива на ускорение консолидации грунта и разработаны соответствующие модификации гидровзрывного способа. Предложена методика определения порового давления и исследованы знакопеременные деформации в грунтовом массиве при гидровзрыве. Определены жесткостные характеристики грунтов на контакте с фундаментами зданий в зависимости от их размеров, скорости приложения нагрузки, степени стабилизации осадок от собственного веса грунта и разработаны рекомендации по снижению уровня неравномерных деформаций.

Ключевые слова: лесс, глубинные взрывы, поровое давление, ускорение консолидации грунта, жесткость основания, осадки зданий.

### **Annotation**

V.S.Shokaryev. Work of loess soils massives. The Candidate of Technical Science Degree Dissertation. Speciality 05.23.02 Bases and foundations. Scientific and Research Institute for Building Structures Kiev. 1997.

Investigated theoretically and experimentally the influence of series of deep explosions and massive permeability coefficient on acceleration of soil consolidation. Developed appropriate modifications of hydrolic explosive method. Proposed procedure of pore preassure determination. Invesigated alternating deformations in soil massive under hijdrolic explosion. Defined soil rigidity characteristics on contact with fonndation depending an their sire, speed of load application, rate of stabilisation of settling due to soil weight. Developed recomendations as to reduction of irregular deformations.

Key words: loess, pove preassure, acceleration, soil consolidation, acceleration, foundation rigidity, settling of buildings.

**ШОКАРЄВ Віктор Семенович**

**Р О Б О Т А**

**МАСИВІВ ЛЕСОВОГО ГРУНТУ**

**ПРИ ГІДРОВИБУХОВОМУ УЩІЛЬНЕННІ**

**Спеціальність 05.23.02 - Підвалини та фундаменти**

433729

**AB 38.251**