

DEVELOPMENT OF REGULATIONS FOR CONDUCTING ENGINEERING- GEOLOGICAL SURVEYS

A. Ihnatov^{1}, V. Rastsvietaiev¹, S. Shypunov¹, Ya. Tkachenko¹ & D. Los¹*

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

**Corresponding author: ignatov.a.a@nmu.one*

Abstract. The object of research is the technique and technology for performing drilling and related work during geological surveys and engineering preparation of the territory (for example, a construction site in the city of Mirgorod, Poltava region), as well as new methods of equipping reinforcement elements. A comprehensive project has been developed for conducting geological surveys, engineering preparation of the territory and construction of technical wells for the implementation of the construction of a multifunctional residential and public complex, in natural conditions characterized by a variety of soil properties and the complexity of the hydrological regime. Specific measures for the engineering preparation of areas for construction have been substantiated; the parameters of the process of performing work on well reduction of the formation water level were calculated; the technology of borehole reinforcement of the soil massif has been developed; the elements of a systematic approach to the technology of preparation and execution of operations for the arrangement of bored injection piles are proposed. A technically and technologically sound methodology for performing work in carrying out geological surveys and engineering preparation of the territory has been created, based on progressive solutions and high economic indicators; specific recommendations were developed to improve the strength and serviceability of bored injection piles.

Keywords: well, geotechnical surveys, bored piles, preparation of territories, groundwater level, borehole reinforcement of a soil massif.

РОЗРОБКА РЕГЛАМЕНТУ ПРОВЕДЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

А. Ігнатов^{1}, В. Расцветаев¹, С. Шипунов¹, Я. Ткаченко¹ & Д. Лось¹*

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

**Відповідальний автор: ignatov.a.a@nmu.one*

Анотація. Об'єктом досліджень є техніка і технологія виконання бурових та супутніх робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території (на прикладі ділянки будівельних робіт в м. Миргороді Полтавської обл.) та нові методи оснащення армувальних елементів. Розроблено комплексний проект проведення геологічних вишукувань, інженерної підготовки території і спорудження технічних свердловин для реалізації будівництва багатофункціонального комплексу житлового і громадського призначення, в природних умовах, що характеризуються різноманітністю властивостей ґрунтів та складністю гідрологічного режиму. Обґрунтовано конкретні заходи із інженерної підготовки територій під будівництво; розраховано параметри процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод; розроблено технології свердловинного армування ґрунтового масиву; запропоновано елементи системного підходу до технології підготовки і виконання операцій з облаштування буроін'єкційних паль. Створено технічно і технологічно обґрунтовану методику виконання робіт при проведенні геологічних вишукувань та інженерної підготовки території, що базується на прогресивних рішеннях і високих економічних показниках; розроблено конкретні рекомендації щодо підвищення міцності і експлуатаційної придатності буроін'єкційних паль.

Ключові слова: свердловина, інженерно-геологічні вишукування, буроін'єкційна паля, підготовка територій, рівень ґрунтових вод, свердловинне армування ґрунтового масиву.

1. Вступ

Цілком природно, що проектування різноманітних будівельних об'єктів повинно виконуватись з урахуванням якнайповнішої гами особливостей територій (ділянок) будівництва, які слід розрізняти за інженерно-геологічними умовами, наявністю небезпечних фізико-геологічних, техногенних процесів та категорії складності геотехнічного будівництва. Сучасний етап розвитку суспільства супроводжується все більшим набуттям значення концепції збалансованого розвитку, спрямованої на взаємну інтеграцію та адаптацію економічної, соціальної та екологічної складових.

Інженерно-геологічні умови територій і ділянок майбутнього будівництва повинні характеризуватись літологічним складом (геологічною будовою), фізико-механічними властивостями порід (грунтів), що можуть складати основи будівель або бути середовищем розміщення та існування інженерних об'єктів, та характером протікання геологічних процесів.

Основні показники, що характеризують інженерно-геологічні умови, повинні визначатись з урахуванням постійних, сезонних і вікових змін внаслідок зовнішніх впливів, господарської діяльності (техногенезу), зміни гідрогеологічного режиму. Прийнятий проектний варіант будівництва повинен забезпечувати найбільш повне спрямоване використання геологічних та інших характеристик ділянки проведення робіт [1].

Бурові роботи за інженерно-геологічних вишукувань виконують для отримання інформації про: склад ґрунтів і умови їх залягання, глибину залягання ґрунтових вод та інших водоносних горизонтів, наявність напору та особливості рівневого режиму, відбору зразків ґрунтів і проб води для лабораторних випробувань, виконання польових досліджень властивостей ґрунтів, обладнання системи спостережень за компонентами геологічного середовища, встановлення меж прояву інженерно-геологічних процесів [2].

Діаметр буріння, специфічної в цьому випадку категорії розвідувальних свердловин, за інженерно-геологічних вишукувань повинен забезпечувати можливість опису ґрунтів, відбору проб порушеної структури, а також відбір проб води і обладнання свердловин для спостереження за рівнем підземних вод. Діаметр буріння технічних свердловин повинен забезпечувати можливість відбору проб ґрунтів непорушеної структури та обладнання свердловин для гідрогеологічних, геофізичних і польових дослідних робіт.

При недостатній здатності природних ґрунтових основ до несення навантажень, застосовують їх інженерну підготовку шляхом покращення властивостей основи до необхідного рівня на місці їх залягання або підсилення основ за рахунок влаштування в них відповідних спеціальних конструктивних елементів [1]. Для ліквідації природних і техногенних порожнин, ущільнення, закріплення та гідроізоляції ґрунтів і порід, можливо та необхідно застосовувати тампонаж гірських порід (ін'єкційні екрани) із застосуванням цементациї, глинизації, смолізації, силікатизації, електрохімії, а також методи комплексного тампонажу (ін'єкційне нагнітання тампонажних розчинів виготовлених із цементу, глини, суглинків, золи-уноса, шламів збагачення).

За рахунок керованого зниження рівня підземних вод відбувається самоущільнення ґрунтів, яке додатково може бути підсилено впливом фізичних полів при накладанні на ґрунтовий масив електричного поля, що викликає електроосмос; накладанням теплового поля, яке викликає термозакріплення [3]. В цілому водопониження – штучне пониження рівня ґрунтових вод – досягається відкачкою або відведенням їх до понижених місць.

Таким чином, метою даної роботи є розробка комплексного техніко-технологічного регламенту, який включає питання проведення геологічних вишукувань, інженерної підготовки території і спорудження технічних свердловин для умов будівельних об'єктів, що характеризуються різноманітністю властивостей ґрунтів та складністю гідрогеологічного режиму.

2. Методика

Дослідження особливостей проведення бурових робіт при інженерно-геологічних вишукуваннях та інженерній підготовці територій, виконано із застосуванням сучасних методів аналітичного аналізу і експериментальних досліджень, зокрема шляхом

використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання, методик обробки результатів досліджень у середовищі EXCEL, MATHCAD, контрольно-вимірвальних приладів і матеріалів.

Протікання свердловинних бурових процесів моделювалось на експериментальних свердловинах навчального бурового полігону Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» із застосуванням бурових установок УБП-15М, УКБ-4П та відповідного інструменту.

3. Результати та обговорення

Розробка раціональної методики проведення геологічних вишукувань в цілому, та її невід’ємної складової – технології буріння інженерно-геологічних і технічних свердловин – зокрема, неможлива без врахування всієї гама природничих умов здійснення відповідних операцій [1].

Майданчик проектних робіт свердловин є територіальним елементом міста Миргород, яке знаходиться у північно-центральної частині Полтавської області на берегах річки Хорол, поблизу місця впадіння у неї річки Лихобабівка та є адміністративним центром Миргородського району. Місто знаходиться на важливих транспортних шляхах. Через місто проходять важливі автомобільні та залізничні шляхи за лінію (Київ – Харків).

Ділянка проектних робіт за укрупненою оцінкою тектонічно і геологічно приурочена до Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецького авлакогену Східноєвропейської платформи. Буріння глибоких свердловин в даному районі ведеться в складних геологічних умовах, зв'язаних з літологічною будовою (наявність поперечних і поздовжніх порушень, зон насувів, обвалів порід, присутність проникних горизонтів). Стратиграфічну і літологічну характеристику району робіт наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Геологічні умови ділянки проектних робіт

Стратиграфічний підрозділ (система)	Літологічний склад гірських порід
Четвертинна Неогенова Палеогенова	Глини, суглинки, піски, пісковики, мергелі, буре вугілля, алевроліти слабозцементовані
Крейдова Юрська Тріасова	Крейда, мергелі, глини, пісковики, буре вугілля, алевроліти
Пермська	Ангідрити, доломіти, вапняки, засолені глини, пісковики, алевроліти, чергування пачок кам'яної солі з пластами ангідритів, доломітів і глинистих карбонатів
Кам'яновугільна	Аргіліти, алевроліти, вапняки, вугілля кам'яне, пісковики
Девонська	Пісковики, алевроліти, глинисті доломіти та темно-сірі аргіліти

Спорудження свердловин буде вестися у відкладеннях четвертинної системи, які характеризуються широким розповсюдженням в межах проектованої ділянки.

Нижньочетвертинні відклади представлені бурими і сірораво-бурими щільними і важкими суглинками, широко розповсюдженими в покрівлі червоно-бурих глин, з якими вони зв'язані плавними переходами. Потужність відкладів змінюється від 1,0 – 2,0 м до 10,0 – 13,0 м.

Середньочетвертинні відклади представлені бурими, палево-жовтими льосовидними суглинками еолового і делювіального походження, залягають під чохлам верхньочетвертинних суглинків. Потужність відкладів від 4,0 м до 6,0 м.

Верхньочетвертинні відклади представлені бурими палево-жовтими суглинками еолового і делювіального походження. Потужність відкладів 5,0 - 8,0 м. Сучасні відклади представлені річним алювієм та делювіальними утвореннями. Алювіальні відклади представлені дрібно-різнозернистими пісками, сірими мулуватими суглинками та отсортованим глинистим піском. Делювіальні відклади представлені жовто-бурими суглинками. Потужність відкладів від 3 - 4 до 6 - 10 м.

Відповідно до схеми інженерно-геологічного районування України, м. Миргород відноситься до територій зі складною характеристикою будівельних умов. Підземні води по відношенню до бетону мають сульфатну агресивність. Практично усі зафіксовані геодинамічні процеси – підтоплення, явища просідання, порушення території, викликані техногенним навантаженням. Рівні залягання ґрунтових вод < 3 м від поверхні.

Враховуючи достатню літологічну вивченість району проектних робіт, для проведення спорудження інженерно-геологічних свердловин та отримання зразків порід, можуть бути прийняті такі способи: колонковий обертальний (із застосуванням подвійних колонкових труб та технологій, що використовують транспортування продуктів руйнування потоком очисного агенту), колонковий ударно-обертальний (із застосуванням спеціальних пробовідбірників). Для буріння свердловин з інженерної підготовки, можливе застосування високопродуктивного роторного буріння із відповідним підбором породоруйнівного інструменту, конструкції свердловини та режимних параметрів технології [4].

Не дивлячись на те, що глибини інженерно-геологічних свердловин незрівнянно малі у зіставленні з багатьма іншими різновидами останніх, вони мають свою, досить складну, номенклатуру типових конструкцій. Свердловини групи інженерно-геологічних, можуть мати як відкритий стовбур на всьому інтервалі буріння, так і потребувати кріплення обсадними трубами окремих ділянок, в деяких випадках названі свердловини отримують доволі громіздку систему обсадних колон (рис. 1).

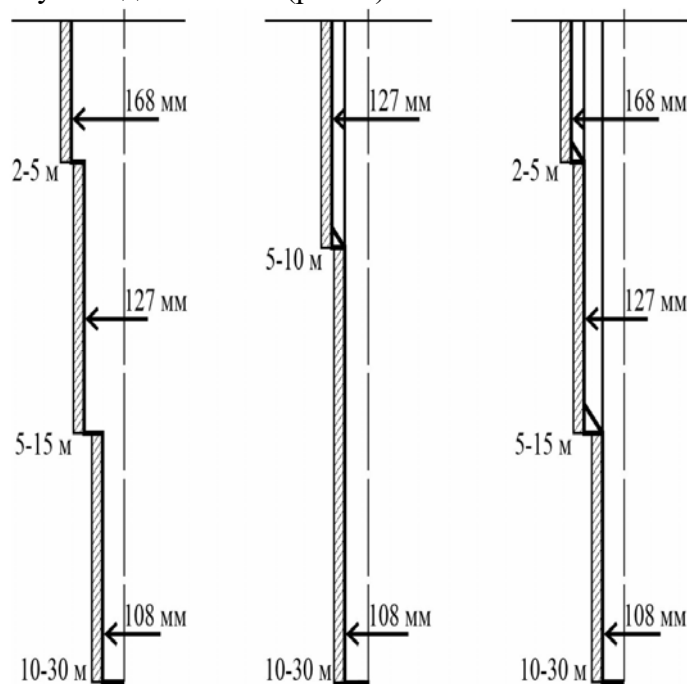


Рис. 1. Рекомендовані типові конструкції інженерно-геологічних свердловин (поперечні розміри – діаметри (колонкових труб) – є мінімально припустимими)

Насамперед, конструкція інженерно-геологічних свердловин повинна відповідати сучасному рівню методик вишукувань, враховувати технічну оснащеність відповідних виробничих структур, допускати застосування прогресивних способів буріння та сприяти мінімізації витрат на своє спорудження – при одночасному забезпеченні повного виконання геологічного завдання.

В результаті проведених бурових робіт, що, окрім іншого, мали за мету отримання уточненого геологічного розрізу проектованої ділянки робіт, вдалось скласти наступну літологічну характеристику, що відображена в табл. 2.

Отримані зразки гірських порід також були піддані спеціальним лабораторним дослідженням, що проводяться з метою визначення складу, стану і будівельних властивостей ґрунтів, а також хімічного складу ґрунтових зол, їх агресивності і корозійності.

Уточнена літологічна характеристика геологічного розрізу проекрованої ділянки

Шкала глибин, м	Геологічний індекс	Літологічна характеристика породи	Максимальна категорія порід		Міцність порід за методом Шрейнера, МПа
			за твердістю	за абразивністю	
1-2	prQ	Грунтово-рослинний шар	I	I	100 - 250
3-5		Пісок дрібнозернистий обводнений	I	II	<100
6-8	lQ	Суглинок	III	II	100 - 250
9-10	elQ	Пісок різнодрібнозернистий обводнений	I	I	<100
11-13		Пісок глинистий	II	I	100 - 250
14-16		Глина щільна	IV	II	250 - 500
17-19	el-dlQ	Пісок дрібнозернистий	I	I	<100
20-23		Глина червонобура	IV	II	250 - 500
24-28		Суглинок щільний	IV	II	100 - 250
29-30	RQ	Мергель	IV	II	250 - 500

Методи отримання інженерно-геологічної інформації включають комплекс лабораторних прийомів визначення фізико-механічних властивостей порід, для чого проводять роботи із з'ясування наступного: гранулометричного складу зв'язних і незв'язних порід; щільності і об'ємної маси порід (сюди входить і розрахунок пористості); вологості і максимальної молекулярної вологості; пластичності, клейкості, набрякання, водоміцності; коефіцієнта фільтрації; кута природного укосу; стисливості і опору зрушенню.

Набір показників властивостей і об'єм лабораторних випробувань мають бути оптимальними і максимально точно відповідати інженерному завданню проекту проведення інженерно-геологічних робіт.

При проведенні інженерно-геологічних досліджень, для заданих умов, мають бути отримані дані про показники властивостей, достатні для розчленування геологічного середовища усередині контурів будівельної площі на глибину сфери взаємодії найбільш важкої споруди; вибору на підставі оцінок класифікаційних показників нормативних значень показників стисливості і міцності ґрунтів, необхідних для попереднього розрахунку основ, що виконується у рамках компонування споруд; складання проекту проведення будівельних робіт і проекту захисних заходів [5].

Відповідно до уточнених геолого-літологічних характеристик ділянки робіт, остання потребує проведення комплексу заходів із інженерної підготовки території.

Важливою обставиною технології підсилення ґрунтів є також проведення робіт із зниження рівня пластових вод [6]. Сутність зазначеного виду робіт полягає у тому, що при відкачці ґрунтових вод, які поступають в свердловину, поверхня води в ґрунті приймає форму воронки, понижуючись при цьому з похилом до місця відкачки.

Основними конструктивними елементами водопонижувачої свердловини є: а) стовбур, закріплений, як правило, обсадними трубами; б) фільтр з надфільтровою трубою; в) водопідйомне обладнання.

Вертикальні поглинаючи дренажні свердловини влаштовують у випадку відсутності небезпеки забруднення підземних вод нижче розташованого (поглинаючого) водоносного горизонту (рис. 2).

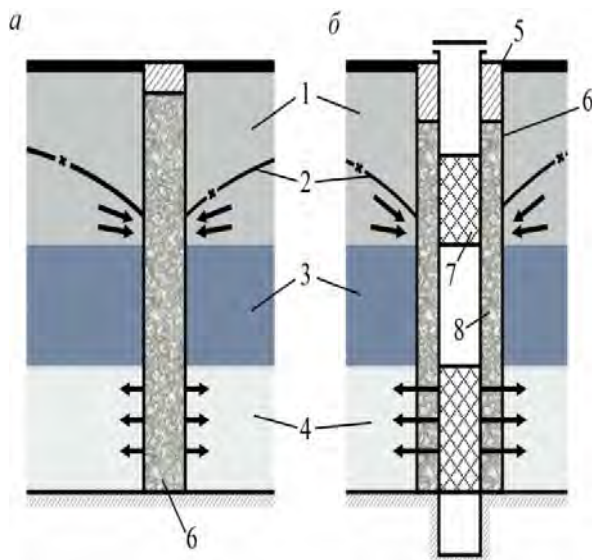


Рис. 2. Вертикальні поглинаючі дренажні свердловини: *а* – з суцільним заповненням стовбуру свердловини фільтруючим матеріалом; *б* – з фільтровою колоною; 1- шар ґрунту, що осушується; 2 – рівень ґрунтових вод; 3 – слабопроникний шар; 4 – поглинаючий шар;

5 – глиняний замок; 6 – піщано-гравійна засипка; 7 – фільтр; 8 – фільтрова колона

Ґрунтові води, відібрані такими дренажними пристроями, скидаються в нижче розташований водоносний горизонт.

Свердловини для водопониження обладнуються фільтрами різних конструкцій, основним елементами яких є каркас і водоприймальна поверхня. Найбільш поширені фільтри з піщано-гравійних сумішей (рис. 3).



Рис. 3. Схема фільтра з піщано-гравійних сумішей

Відбір води з понижувальних свердловин відбувається різними типами водопідйомних пристроїв в залежності від глибини динамічного рівня води в свердловині, її діаметра, кількості води водоносному пласті тощо. Схеми обладнання дренажних свердловин насосами наведена на рис. 4.

Насосами, як правило, обладнують одиничні свердловини. При наявності ряду близько розташованих понижувальних свердловин доцільно влаштування ерліфтових або вакуумних систем, що дозволяє відмовитися від влаштування насосів в кожній окремій свердловині.

Вакуумні системи відводу дренажних вод доцільно влаштовувати при глибині залягання ґрунтових вод, що не перевищує 5 - 6 м від динамічного рівня води до осі водовідвідного колектору.

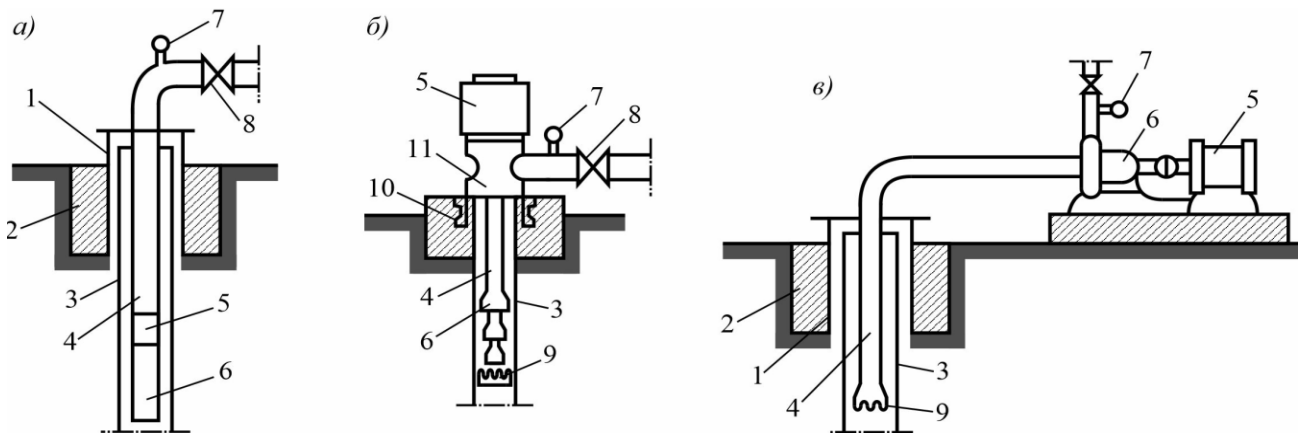


Рис. 4. Схеми обладнання дренажних свердловин насосами: а – насосна установка із зануреним електродвигуном; б - насосна установка з трансмісійним валом; в – обладнання свердловини горизонтальним відцентровим насосом 1 – кондуктор; 2 – цементна заливка; 3 – фільтрова колона; 4 – водопідйомна колона труб; 5 – електродвигун; 6 – насос; 7 – манометр; 8 – засувка; 9 – приймальний клапан; 10 – бетонний фундамент; 11 – опорний блок

У повній відповідності до проектних і уточнених даних щодо літолого-геологічної будови проектованої ділянки виконання будівельних робіт, окрім водопониження, остання потребує проведення заходів з додаткового підсилення ґрунтів, яке може бути досягнуто шляхом відповідних технологій армування; найбільш прийнятними для даних умов методами є встановлення бурових паль, а саме буроін'єкційних [5].

Загалом буроін'єкційні армувальні елементи (палі) характеризуються діаметром від 0,15 до 0,25 м і влаштовуються шляхом нагнітання (ін'єкції) дрібнозернистої бетонної суміші або цементно-піщаного розчину в пробурені свердловини.

Буріння свердловин можливо здійснювати обертальним способом із промивкою глинистим розчином. Відповідно до ДСТ на бурові лопатеві долота, приймаємо діаметр свердловини рівним 161 мм – що відповідає рекомендованому діапазону розмірів діаметру свердловин.

Розрахунок параметрів ін'єкційного розчину для заповнення свердловин ведеться у наступній послідовності:

1. Густина ін'єкційного цементного розчину, кг/м³:

$$\rho_{up} = \rho_v \cdot \rho_c \cdot \frac{(1+m)}{(\rho_v + m \cdot \rho_c)}, \quad (1)$$

де ρ_v - густина води; ρ_c - щільність цементу; m - водоцементне відношення.

2. Питома витрата сухого цементу, кг/м³:

$$q_c = \frac{\rho_{up}}{(1+m)}. \quad (2)$$

3. Об'єм цементного розчину, м³:

$$V_{up} = 0,785 \cdot K_1 \cdot D_c^2 \cdot H, \quad (3)$$

де K_1 - коефіцієнт, що враховує можливе збільшення діаметру свердловини; D_c - діаметр свердловини, м; H – глибина свердловини, м.

4. Необхідна кількість сухого цементу, т:

$$Q_c = K_c \cdot q_c \cdot V_{up}, \quad (4)$$

де K_c - коефіцієнт, що враховує втрати цементу.

5. Необхідний об'єм води для приготування ін'єкційного розчину, м³:

$$V_6 = \frac{m \cdot Q_ц}{K_6 \cdot \rho_6}, \quad (5)$$

де K_6 - коефіцієнт, що враховує втрати води.

Результати обчислень параметрів ін'єкційного розчину для заповнення свердловин зведено до підсумкової табл. 3.

Таблиця 3
Параметри ін'єкційного розчину для заповнення свердловини

Густина цементного розчину, кг/м ³	Об'єм цементного розчину, м ³	Необхідна кількість сухого цементу, т	Необхідна кількість води, т
2060	0,45	0,65	0,27

Міцність і експлуатаційну придатність бурін'єкційної палі, як інженерної споруди, визначають технологічні властивості цементного розчину, з якого вона сформована, та його адгезійні характеристики, що обумовлюють здатність палі нести навантаження за рахунок взаємодії її бічної поверхні з оточуючими гірськими породами. Підвищити зазначені показники можна за рахунок направленої зміни фізичних і хімічних властивостей рідини зачинення цементного розчину, для чого останню необхідно піддати обробці наступними методами: хімічна, магнітна, термічна і електрохімічна, в її різних варіаціях.

Буріння свердловин в осадових породах супроводжується виникненням різного роду ускладнень, найпоширенішим з них є прихоплення - непередбачувані аварії у свердловині, що характеризуються частковим або повним припиненням руху бурильного інструмента, металевих обсадних труб або геофізичних (гідрогеологічних) приладів і пристроїв. Прихоплення є найскладнішими і найтрудомісткими аваріями в бурінні. Виділяють три основних типи прихоплень: 1) бурильних колон; 2) обсадних труб; 3) породоруйнівних інструментів і колонкових наборів.

В табл. 4 наведені конкретні рекомендації щодо вибору ефективних промивних систем для спорудження свердловин в товщах м'яких осадових порід, у заломленні до проектного геологічного розрізу ділянки робіт.

Таблиця 4
Рекомендації щодо вибору очисних агентів для складних умов буріння

Ускладнення	Типові породи	Рекомендовані очисні агенти
Обвали, розмив	Піски	Глинясті і крейдянні розчини з підвищеною кількістю твердої фази, обваженні розчини
Обвали, набухання, пластична течія, розмив	Суглинки, глини, піщано-глинясті ґрунти	Інгібовані глинясті розчини, крейдянні, сапропелеві розчини
Обвали, осипи, слабе набухання, пластична течія, розмив	Сланці глинясті	Інгібовані глинясті і крейдянні розчини, із зниженою водовіддачею. В окремих випадках глинясті розчини
Обвали, осипи, слабкий розмив, вивали	Сланці піщано-глинясті	Глинясті і крейдянні розчини. Розчини на основі вибурених порід, силікатно-гумінові, полімерні, комбіновані

При наявності в розрізі свердловини глинистих порід, насамперед їх здатність до набрякання визначає ступінь складності процесу спорудження стовбура свердловини. Глини, що містять монтморилоніт, називають бентонітовими. При набряканні вони можуть збільшуватися в об'ємі до 14 разів. Існуюча практика буріння доводить, що застосування саме глинистих бурових розчинів дозволяє в більшості випадків попередити можливі ускладнення в стовбурі свердловини, пов'язані

із проявом різноманітних фізико-хімічних властивостей осадових порід і в даному випадку глин. Разом з тим, ефективність застосування глинистих розчинів може бути максимальною лише за умов піддавання глинистих бурових розчинів спеціальній обробці, яка передбачає фізичну та хімічну обробку дисперсійного середовища.

4. Висновки

1. При проведенні досліджень вирішено низку питань, серед яких можна зазначити наступні особливо важливі: обґрунтовано конкретні заходи із інженерної підготовки територій під будівництво; розраховано параметри процесу виконання робіт із свердловинного зниження рівня пластових вод; розроблено технології свердловинного армування ґрунтового масиву; запропоновано елементи системного підходу до технології підготовки і виконання операцій з облаштування буроін'єкційних паль.

2. Отримані в ході досліджень теоретичні і практичні дані дозволяють: вирішувати питання прогнозування міцності і деформативності ґрунтів; проектувати надійні заходи, спрямовані на запобігання руйнацій існуючої інфраструктури оточуючих об'єктів; проводити економічне обґрунтування варіантів технічних рішень фундаментно-підвальної та наземної частин проектного об'єкта; створювати альтернативні проекти виконання робіт для ділянок з однойменними гірничо-геологічними умовами.

Вдячності

Автори висловлюють глибоку вдячність професорсько-викладацькому та допоміжному складу кафедри нафтогазової інженерії та буріння Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» за допомогу та підтримку в проведенні наукових і експериментальних досліджень.

Список літератури

1. Інженерна геологія (з основами геотехніки) / за заг. ред. проф. В. Г. Суярка. – Харків: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019. – 278 с.
2. Настанова щодо інженерної підготовки ґрунтової основи будівель і споруд. Державний стандарт України: ДСТУ-Н Б В.1.1-39:2016. – [Уведено в дію від 2017-04-01]. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2017. – 189 с.
3. Інженерні вишукування для водогосподарського та природоохоронного будівництва / за заг. ред. проф. А.М. Рокочинського, В.Д. Дупляка. – Рівне: НУВГП, 2010. – 173 с.
4. Ребрик Б.М. Бурение инженерно-геологических скважин. Справочник. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
5. Ганичев И.А. Устройство искусственных оснований и фундаментов. Москва: Стройиздат, 1981. – 513 с.
6. Водопонижение в строительстве / Под общей редакцией И.К. Станченко. – Москва: Стройиздат, 1971. – 184 с.

References

1. Suyarka, V.G. (Eds.). (2019). *Engineering geology (with the basics of geotechnics)*. Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University [in Ukrainian].
2. Nastanova shchodo inzhenernoyi pidhotovky gruntovoyi osnovy budivel i sporud. Derzhavnyy standart Ukrayiny. [Guidelines for engineering preparation of the soil base of buildings and structures. State Standard of Ukraine]. DSTU-NBV.1.1-39:2016. (2017). Kyiv: DP «Derzhavnyy naukovodoslidnyy instytut budivelnykh konstruktsiy» – Kyiv: State Enterprise "State Research Institute of Building Structures" [in Ukrainian].
3. Rokochynsky, A.M., & Duplyak, V.D. (Eds.). (2010). *Engineering surveys for water management and environmental construction*. Rivne: NUVGP [in Ukrainian].
4. Rebrik, B.M. (1990). *Burennye inzhenerno-geologicheskikh skvazhin*. [Drilling geotechnical wells]. Moscow: Nedra [in Russian].
5. Ganichev, I.A. (1981). *Ustroystvo iskusstvennykh osnovaniy i fundamentov* [Arrangement of artificial foundations and foundations]. Moscow: Stroyizdat [in Russian].
6. Stanchenko, I.K. (Eds.). (1971). *Water reduction in construction*. Moscow: Stroyizdat [in Russian].