

Наука — виробництву

УДК 624.131.1

DOI: 10.31471/1993-9973-2022-4(85)-53-61

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ДІЛЯНОК ПРИ БУДІВНИЦТВІ ПРИВИШКОВИХ СПОРУД СВЕРДЛОВИН НА ПРИКЛАДІ СВЕРДЛОВИНИ 914-ПАСІЧНЯНСЬКА

Н. В. Гонтарьова, І. І. Попович, Н. В. Броніцька, О. В. Палійчук, Л. В. Узрак,
А. М. Стиславська*

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: linapinchuk92@gmail.com*

*НГВУ «Надвірнанафтогаз», 78400, м. Надвірна, вул. Михайла Грушевського, 13,
e-mail: Ivan.Porovych@Ukrnafta.com*

Актуальність досліджень зумовлена необхідністю забезпечення промисловості вуглеводневою сировиною. На сьогодні для забезпечення потреб промисловості та збільшення енергонезалежності України доцільно проводити розробку родовищ вуглеводнів, тому виникає потреба в бурінні і освоєнні нових свердловин. Однією з таких є нафтова свердловина 914-Пасічнянська, навколо якої планується будівництво комплексу привишкових споруд з метою її обслуговування. Відповідно до цієї мети слід провести комплекс інженерно-геологічних досліджень та робіт, спрямованих на детальне вивчення геологічних умов території будівництва. Основним завданням роботи є вивчення природних умов майданчика свердловини 914-Пасічнянська із розміщеними на ньому привишковими спорудами, оцінка взаємодії привишкових споруд із навколишнім середовищем, обґрунтування їх інженерного захисту. Об'єктом досліджень є процес взаємодії споруд із ґрунтовою основою, явища їх можливого просідання та несуча здатність інженерно-геологічних елементів (ІГЕ). Предметом досліджень є інженерно-геологічні умови території. У більш вузькому значенні – це характеристики всіх виділених ІГЕ, визначення рівня ґрунтових вод, оцінка зсувонебезпечності схилу та прогноз розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів. В роботі використовувались такі дослідження, як буріння свердловин з відбором монолітів і проб ґрунту; лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів; камеральна обробка матеріалів. Завдяки бурінню свердловин з відбором монолітів і проб ґрунту були отримані: схема розташування свердловин, позначки границь ІГЕ, нашарування ґрунтів, зразки ґрунту для лабораторних досліджень. Результати, одержані в роботі, рекомендуються застосовувати при будівництві привишкових споруд свердловини № 914. Ці результати доповнюють знання про геологічну будову даного регіону та Скибової зони складчастої області Українських Карпат.

Ключові слова: свердловина; привишкові споруди; інженерно-геологічний елемент; моноліт; ґрунт.

The relevance of research is due to the need to provide the industry with hydrocarbon raw materials. Today, to meet the needs of the industry and increase the energy independence of Ukraine, it is advisable to develop hydrocarbons. Therefore, there is a need for drilling and development of new wells. One of these is the 914-Pasichnyanska oil well, around which it is planned to build a complex of near-rig structures to service it. In accordance with this, a complex of engineering and geological studies and works should be carried out aimed at a detailed study of the geological conditions of the construction area. The main task of the work is to study the natural conditions of well 914-Pasichnyanska with near-tower structures located on it, assess the interaction of near-tower structures with the environment, and substantiate their engineering protection. The object of research is the process of interaction of structures with the base, the phenomenon of their possible subsidence and the bearing capacity of engineering-geological elements (EGE). The subject of research is the engineering and geological conditions of the

territory. In a narrower sense - the characteristics of all selected EGE (their porosity, lithological and granulometric composition, consistency and other parameters determined by laboratory and field methods), determination of the groundwater level, assessment of a slope landslide and forecast of the development of unfavorable physical-geological processes. The work used analytical research methods (analysis of literature and fund materials) and experimental. The latter include such studies as drilling wells with the selection of monoliths and soil samples; laboratory studies of the physical and mechanical properties of soils; office processing of materials. Thanks to the drilling of wells with the sampling of monoliths and soil samples, the following were obtained: a layout of wells, marks of the boundaries of the EGE, soil layering, soil samples for laboratory research. Laboratory studies of the physical and mechanical properties of soils made it possible to obtain their physical and mechanical characteristics, and thanks to office processing - an engineering and geological section. The results obtained in the work are recommended to be used in the construction of near-tower structures of well No. 914. Also, these results complement the knowledge about the geological structure of this region and the Skibova zone of the folded region of the Ukrainian Carpathians.

Key words: well; near-rig structures; engineering-geological element; monolith; soil.

Вступ

Виконуючи інженерно-геологічні дослідження, зазвичай дають інженерно-геологічну характеристику умов будівництва тієї чи іншої споруди. Інженерно-геологічні умови території визначаються, насамперед, її рельєфом, складом та властивостями ґрунту, складом та розташуванням підземних вод. Зі зміною цих умов можуть бути пов'язані різноманітні процеси, такі, як ущільнення порід в основах споруд, просадкові явища внаслідок протікань з водогонів та фільтрації води з каналів, деформація штучних відкосів, зміна берегів річок та водосховищ, обвали та зсуви гірських порід при підземних роботах [1].

В нашому випадку мова йде про оцінку інженерно-геологічних умов будівництва привишкових споруд свердловин в гористій місцевості Карпатського регіону. Тому, цілком ймовірно, що основними несприятливими фізико-геологічними процесами будуть соліфлюкційні зміщення, зсуви, осипи та ерозійні процеси.

Відповідно, метою досліджень є вивчення геологічної будови ділянки проєктного будівництва, дослідження фізико-механічних та фільтраційних властивостей ґрунтів, визначення рівня ґрунтових вод, оцінка та прогноз розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

З огляду на актуальність цієї проблематики, значний внесок у її вирішенні зробили науковці відділу інженерної геології Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України: М.Г. Демчишин, Г.І. Рудько та ін., які вивчали зміни інженерно-геологічних умов на території України, змін тримальної спроможності ґрунтів основ споруд, спричинених впливом господарської діяльності в зонах, прилеглих до об'єктів, а також загроз активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів [2].

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Встановлення змін інженерно-геологічних умов ділянок, прилеглих до нафтогазових свердловин, та загроз активізації екзогенних процесів.

Формулювання цілей статті

Вивчення природних умов ділянки проведення інженерно-геологічних вишукувань та відбір зразків проб ґрунту для лабораторного визначення фізико-механічних характеристик. Визначення несприятливих геологічних процесів, пов'язаних зі зміною інженерно-геологічних умов та передбачення запобіжних заходів.

Для проведення досліджень з метою прогнозування зміни інженерно-геологічних умов при будівництві привишкових споруд була вибрана ділянка експлуатаційної свердловини № 914-Пасічнянська. В адміністративному відношенні ділянка вишукувань знаходиться на землях Битківської сільської ради Надвірнянського району. У геоморфологічному відношенні район досліджень розташований в межах Надвірнянського структурно-ерозійного низькогір'я Передкарпаття [3]. У ландшафтному відношенні описувана територія являє собою низькогір'я, зайняте переважно післялісовими луками та мішаними лісами на бурих гірсько-лісових щербенисто-глинистих ґрунтах. Ділянка розвідувань знаходиться в гористій місцевості з низькими, полого-опуклими вершинами вододілу малих гірських річок Битківець та Битківчик. Майданчик будівництва експлуатаційної свердловини № 914-Пасічнянська розташований на східному схилі однієї з вершин. Вказаний схил відноситься до області водозбору річки Битківчик. Рельєф місцевості, охопленої вишукуваннями, полого-похилий, окремі ділянки схилу західної території мають штучно створені обривисті уступи середньої крутості.

Внаслідок спорудження майданчиків (полиць) для розміщення бурового обладнання та споруд, поверхня схилу ускладнена локальними фрагментами підрізок та відсипань переміщеного ґрунту на корінному схилі. Вишко-лебідковий блок та привишкові споруди розміщені на нижній широкій полиці, що характеризується значним розвитком насипних ґрунтів.

На час вишукувань на ділянці проведені земляні роботи, пов'язані з облаштуванням на схилі тривірневих полиць для розміщення бурового обладнання, допоміжних споруд виробничого характеру та побутових приміщень. На нижній широкій полиці, більша частина якої створена за рахунок відсипки насипного ґрунту, вирито котлован під спорудження амбару для зберігання відходів буріння. В підніжжі схилу розпочато роботи з облаштування каналу для перехоплення та відводу схилових вод за межі майданчика вишко-лебідкового блоку та привишкових споруд.

Під час проведення рекогносцирувального обстеження майданчика робіт та прилягаючої території виявлено ознаки підтоплення майданчика вишко-лебідкового блоку та привишкових споруд. Ознаки вказаного фізико-геологічного явища з'явилися в значному розповсюдженні водонасичених техногенних ґрунтів та розвитку соліфлюкційних зміщень (локальних поверхневих переміщень перезволожених ґрунтів) в східній бровці відкосу ($h=3,0\text{м}$), складений насипними ґрунтами. Основною причиною розвитку підтоплення та часткового прояву супутніх несприятливих фізико-геологічних процесів є відсутність організованого перехоплення та відведення схилових і атмосферних вод з основного майданчика будівництва, створеного в результаті проведення планувальних робіт значною мірою з насипних ґрунтів.

В ході проведення польових інженерно-геологічних робіт пробурено 5 технічних свердловин з відбором проб ґрунтів для лабораторних досліджень.

Геодезичною службою НДПІ гірничі виробки прив'язані в плановому і висотному відношенні та нанесені на викопіювання з топографічного плану М 1: 500 (рис. 1).

Інженерно-геологічний розріз майданчика проектних робіт розвіданий до глибини 10,0 м. і представлений четвертинними елювіально-делювіальними, уламково-глинистими відкладами, які залягають на менілітових породах нижнього олігоцену.

Параметри свердловин наведені у таблиці 1.

В розрізі виділено 5 інженерно-геологічних елементів (ІГЕ).

ІГЕ № 1 – Насипний ґрунт складений гальвою, гравієм, щебенем, жорствою, суглинком. Розповсюдження техногенних ґрунтів зумовлене проведенням врізок в схилі з наступним плануванням виробничих майданчиків. Потужність шару описуваних відкладів, що мають локальне розповсюдження, становить від 0,0 м до 3,8 м.

У цих ґрунтах поступово відбуваються різноманітні фізичні, фізико-хімічні, біологічні та інші процеси, що призводить, з одного боку, до їх самоущільнення, зміцнення, а з іншого, – до розпаду, розкладання, а отже, знеміцнення, тому їм більш властиві особливості дисперсних ґрунтів [4].

Оскільки глибина промерзання ґрунту для даного району досліджень сягає 0,9 м, то будівництво на ділянках поширення насипного ґрунту із його товщиною менше 0,9 м, можливе лише при виборі «плаваючого» плитного фундаменту, міцності якого буде достатньо для того, щоб від дії нерівномірних сил морозного пучення фундамент не деформувався.

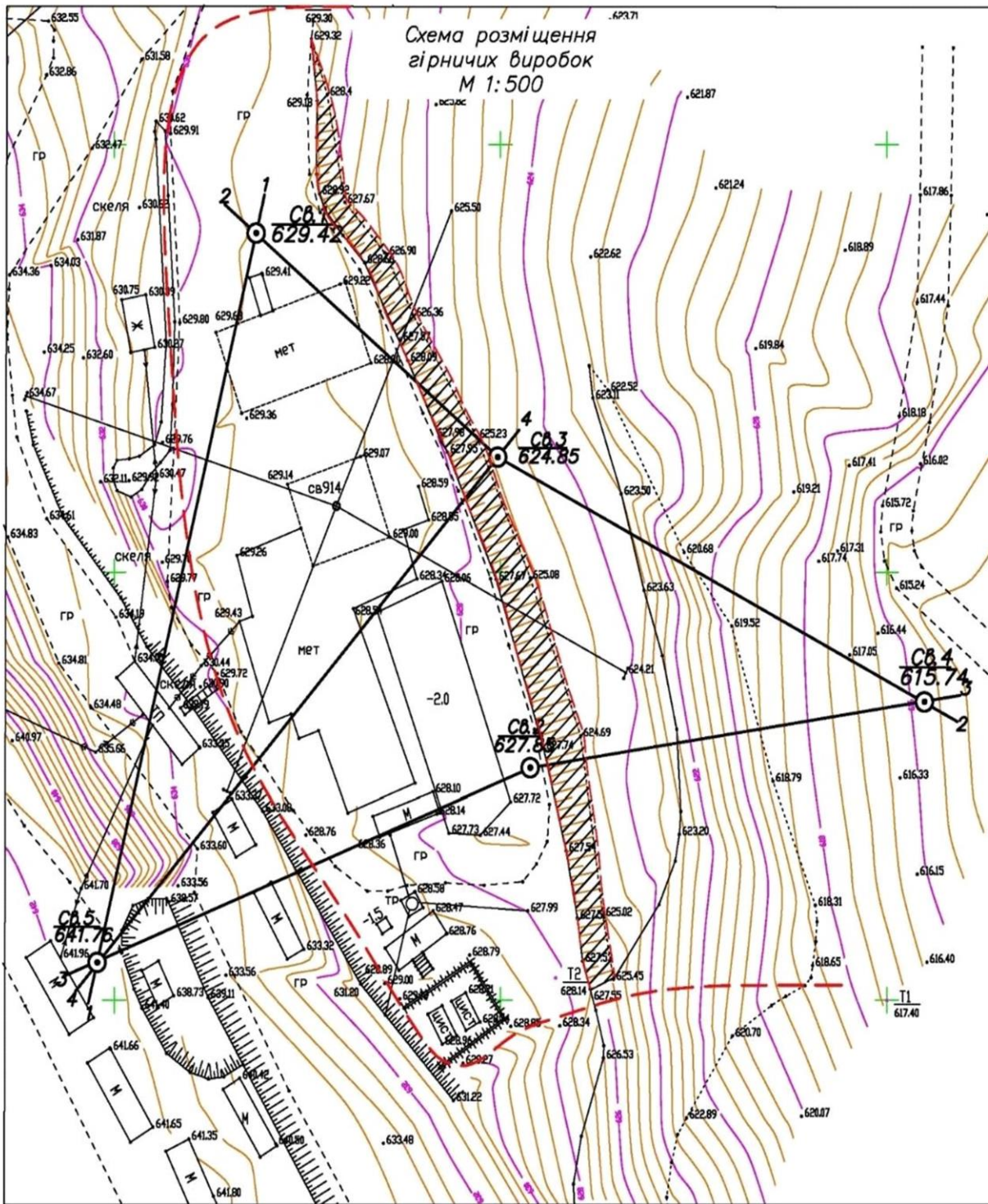
ІГЕ № 2 – Ґрунтово-рослинний шар коричнево-бурого, коричнево-сірого кольору, оглеєний. Вказані нашарування зустрінуті в розвідувальних свердловинах пробурених в нижній частині майданчика. Потужність буроземного шару становить від 0,0 м до 0,5 м.

Під ґрунтовим шаром залягає товща уламково-глинистих ґрунтів елювіально-делювіального походження.

Судячи із лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей ІГЕ №2, не можна рекомендувати для будівництва, оскільки при надмірному зволоженні даний ґрунт може надміру просідати і тому становити небезпеку для споруд, розташованих на ньому.

ІГЕ № 3 – Суглинок делювіальний, жовтого кольору, зі щебенем та жорствою (18%), в окремих інтервалах щербенистий, твердий, в підшві місцями до напівтвердого. В межах ділянки досліджень описувані ґрунти залягають малопотужним (0,0-1,2 м) покривним шаром на елювіально-делювіальних глинах в підніжжі крутосхилу. Даний тип ґрунту може служити цілком задовільною основою для будинків і споруд завдяки достатнім показникам міцності та консистенції.

ІГЕ № 4 – Глина елювіально-делювіальна жовто-сірого, в підшві темно-сірого кольору, з включенням щебеню та жорстви (12%), в окремих інтервалах з прошарками суглинків. Переважають тверді різновиди глин, в підшві шару – напівтверді. Включення щебеню та жорстви в глинах представлені уламками осадових порід



Умовні позначення до схеми

○ СВ.1 138.10 Розвідувальна свердловина абсолютна відмітка та її № гирла

- 1—1 Лінія інженерно-геологічного розрізу та її номер
- Контури рекомендованої системи водовідведення
- ▨ Ділянки ухилу, що потребують укріплення

Рисунок 1 – Схема розміщення гірничих виробок

Таблиця 1 - Відомість інженерно-геологічних виробок

| № з/п | Найменування і № виробки | Діаметр виробки, мм (переріз м ²) | Глибина виробки, м | Абсолютна відмітка устя | Дата буріння (проходки) | Рівень ґрунтових вод, що встановився | | |
|-------|--------------------------|---|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|
| | | | | | | На глибині, м | Абс. відм., м | Дата заміру |
| 1 | св 1 | 127 | 10,0 | 629,42 | 09.08 | 2,5 | 626,92 | 10.08 |
| 2 | св 2 | 127 | 10,0 | 627,85 | 10.08 | 1,8 | 626,05 | 11.08 |
| 3 | св 3 | 127 | 10,0 | 624,85 | 10.08 | 3,6 | 621,25 | 11.08 |
| 4 | св 4 | 127 | 10,0 | 615,74 | 11.08 | 2,0 | 613,74 | 12.08 |
| 5 | св 5 | 127 | 5,0 | 641,76 | 11.08 | - | - | - |

менілітової формації. Описувані ґрунти залягають на материнських скельних та напівскельних породах східної, менш крутосхилої частини майданчика. Потужність шару глин сягає 3,5 м (св. №3). Даний тип ґрунту може служити цілком задовільною основою для будинків і споруд завдяки достатнім показникам міцності та консистенції.

ІГЕ №5 Скельні та напівскельні ґрунти представлені чергуванням темно-сірих аргілітизованих глин, аргілітів та малопотужних прошарків сірих пісковиків. Відслонення описуваних порід відмічені в бортах підрізаного схилу західної та південно-західної частини ділянки. Максимально пройдена потужність в корінних породах становить 7,0 м (св. №1). Даний горизонт найбільше вдалині як природна основа для будівництва привишкових споруд. Модуль загальної деформації напівскельних ослаблених порід – менше 20000 кгс/см², а менш ослаблених – від 20000 до 100000 кгс/см². Тимчасовий опір стискові в міцних змінюється від 150 до 500 кгс/см², середньої міцності – від 25 до 150 кгс/см² і в порід малої міцності він менший 25 кгс/см². Коефіцієнт зрушення бетону по цих породах змінюється від 0,3 до 0,50–0,55, сейсмічна твердість – від 2,9–4,7 до 10–12. Однак породи цієї групи можуть мати підвищену тріщинуватість або закарстованість і в той же час характеризуватися високою міцністю в зразку.

З результатів лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів видно, що вологість для більшості проб ґрунту сягає 22–24%, та збільшується із глибиною відбору проб, що пов'язано з більшою водонасиченістю глибших горизонтів. В пробах № 16 і № 17 із свердловини №4, вологість сягає 38 та 41% відповідно. Такі великі показники відбору спостерігаються на глибині нижче рівня ґрунтових вод, який для свердловини № 4 сягає 2 м. Водонасичені глини із цих проб перебувають у пластичному стані. При надмірному зволожен-

ні даний ґрунт може становити небезпеку для споруд, розташованих на ньому.

Одним із найважливіших параметрів ґрунту, що характеризує щільність його будови (чим він менший, тим щільніший ґрунт, а отже, кращі його будівельні властивості) і безпосередньо використовується в розрахунках, є коефіцієнт пористості [4].

Пористість всіх ґрунтів зберігається приблизно в одних і тих же межах – 40–44%. Вирізняється із цієї множини проба №18 пористістю 50 %. Такі високі показники можуть вказувати на можливі просадочні властивості даного ґрунту. Це негативно відбивається на виборі його, як основи для різного роду будівництва.

За результатами бурових та лабораторних робіт побудовані інженерно-геологічні розрізи (рис. 2).

Ґрунтуючись на результатах проведених робіт, оцінено стійкість масиву насипного ґрунту на передбачуваній площині ковзання найбільш ослабленого сегмента ґрунтової основи майданчика, який знаходиться між виритим котлованом та бровкою відкосу. Розрахунки проведено на фрагменті розрізу 3-3 (св. №2) методом М. М. Маслова [5] (рис. 3). З огляду на результати раніше проведених вишукувань в районі робіт, передбачуваною площиною ковзання може служити прошарок ґрунтово-рослинного шару, що похило залягає на уламково-глинистих елювіально-делювіальних відкладах під товщею водонасичених насипних ґрунтів.

Розрахунок проведений з врахуванням сполучення несприятливих факторів, що сприяють прояву зсувних пластичних деформацій, а саме:

- сейсмічної складової, направленої в бік нахилу передбачуваної площини ковзання;
- гідродинамічної сили фільтраційного потоку, створеного рухом ґрунтових вод типу «верховодки», при значному їх розвитку в дощові періоди;

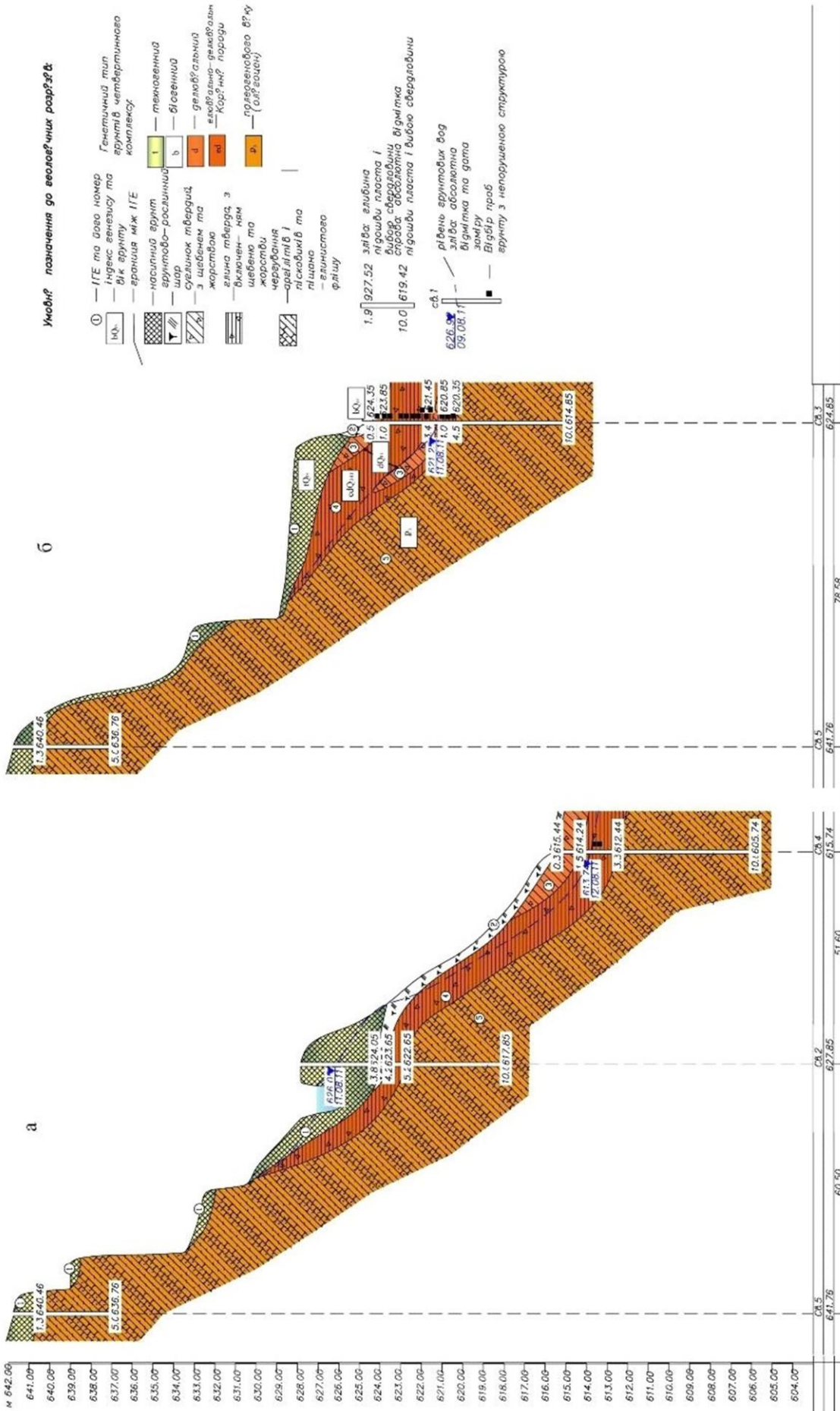


Рисунок 2 – Інженерно-геологічні розрізи по лініях 3-3 (а); 4-4 (б)

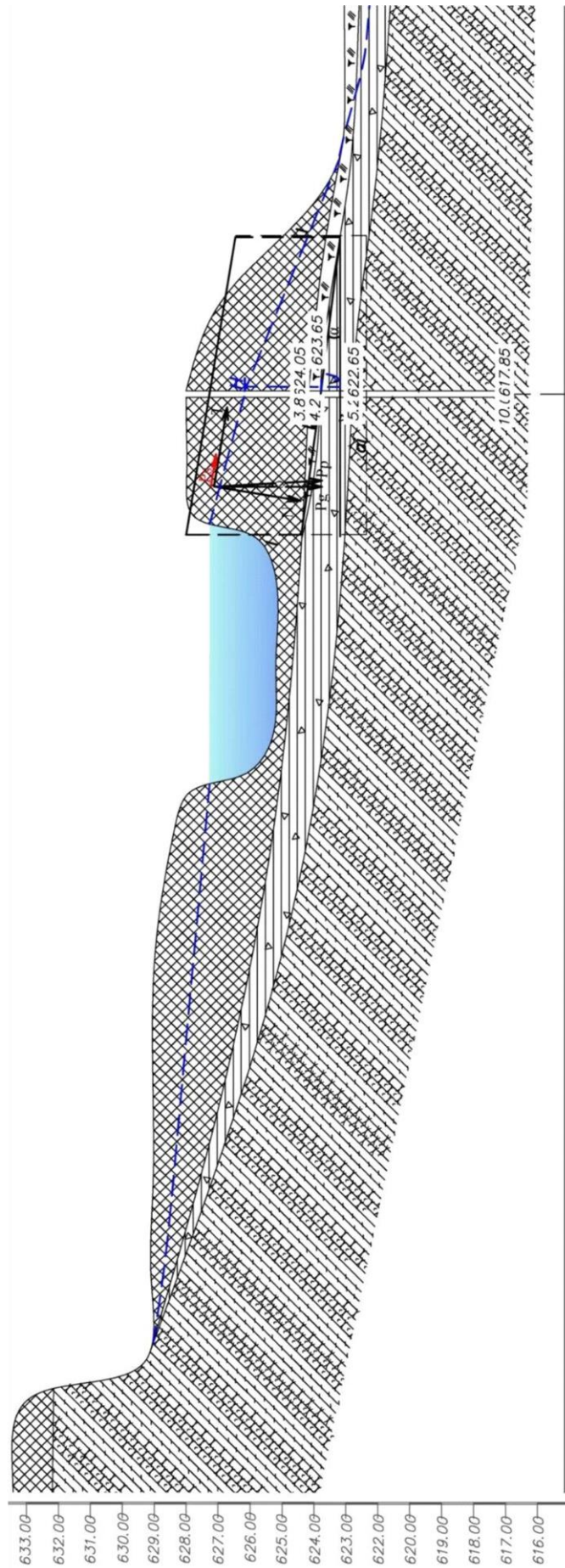


Рисунок 3 – Розрахунок стійкості масиву ґрунту

- збільшення щільності ґрунтів розрахункового масиву в результаті тривалої інфільтрації атмосферних опадів та заповнення всіх пор водою;

- значним зменшенням показників міцності ґрунтово-рослинного шару з передбачуваної зони ковзання при тривалому зволоженні.

З врахуванням вказаних чинників розрахунковий коефіцієнт стійкості масиву ґрунту на передбачуваній площині ковзання становить $0,89 < 1$. В даному випадку зсувні зусилля переважають затримуючі, що вказує на здатність насипних ґрунтів до пластично повзучих деформацій, які локально проявились у формі соліфлюкційних зміщень та відмічені під час рекогносцирувального обстеження.

За відсутності інженерного захисту зростання інтенсивності прогнозованих зсувних пластичних деформацій в періоди сильних злив може призвести до руйнування бровки відкосу та зсуву-спливу найбільш ослабленого сегмента ґрунтової основи.

З метою запобігання розвитку ерозійних процесів, пов'язаних з розливом схиловими водами поверхні майданчика, доцільно заборонити спорудження каналів, необлаштованих захисним вимощенням, на схилі в напрямку його нахилу.

Висновки

На ділянці будівництва експлуатаційної свердловини 914-Пасіччанська доцільно передбачити:

- організоване відведення поверхневих та схилових вод з ділянки робіт, що виключає витік стічних вод на підрізани та відсипані схили;

- протизсувні заходи, пов'язані з привантаженням відкосу майданчика вишкво-лебідкового блоку, спорудженого з насипних ґрунтів, брилами та валунами скельних порід;

- протиерозійні заходи, пов'язані зі збереженням стійкості природніх схилів під час прокладання підземних комунікацій, з проведенням підрізків схилів до споруд, що проектуються на майданчику робіт;

- заходи для постійного нагляду за станом прилягаючих схилів і підтримання спеціального режиму, який сприяє збереженню їх стійкості.

Розрахунок стійкості схилу з врахуванням поєднання всіх несприятливих складових, що спричиняють зміщення ґрунтів (сейсмічна складова, гідродинамічні сили, щільності водонасичених порід та міцнісних характеристик для замочених ґрунтів з передбаченої зони ослаблення)

Сила тяжіння P_g – загальна вага порід можливого тіла зсуву по площині J–J шириною смуги 1 м.

V – об'єм тіла передбачуваного зсуву насипних ґрунтів $S \times 1\text{ м}$, $V \approx 19,5 \text{ м}^3$

γ – щільність середня водонасиченого уламково-глинистого насипу, $\gamma_{cp} = 1,90 \text{ т/м}^3$

$$P_g = 19,5 \times 1,90 = 37,05 \text{ тс}$$

Сейсмічна сила P_s спрямована у найбільш несприятливому напрямку

$$P_s = P_g \times a$$

a – прискорення сейсмічної сили (ДБН В.1.1-12:2006 табл.2.5), $a = 0,1$

$$P_s = 37,05 \times 0,1 = 3,7 \text{ тс}$$

$$P_{\text{рівн.}} = \sqrt{P_g^2 + P_s^2} = 37,23$$

$$\text{tg} Q = \frac{P_s}{P_g} = \frac{3,7}{37,23} = 0,1,$$

де $Q = 4^\circ 35'$ (кут нахилу рівнодійної сили до вертикалі);

T – складова сили тяжіння, що намагається змістити масив ґрунту;

$$T = P_{\text{рівн.}} \times \sin(\alpha + Q) = 37,23 \times 0,19 = 7,07 \text{ тс};$$

α – кут нахилу передбачуваної поверхні ковзання (7°);

N – складова сили тяжіння, що старасться утримати масив ґрунту схильний до сповзання

$$N = P_{\text{рівн.}} \times \cos(\alpha + Q) = 37,23 \times 0,98 = 36,5 \text{ тс}$$

На досліджуваному схилі внаслідок градієнту напору (нахилу рівня ґрунтових вод) діють гідродинамічні сили

$$D_{\text{гідр}} = \gamma_v (H_i - Y_i) \frac{a_i}{\cos \alpha}$$

γ_v – щільність води;

$(H - Y)$ – діючий напір;

l – ширина блоку;

α – кут нахилу поверхні передбачуваного ковзання до дотичної

$$D_{\text{гідр}} = 1(4,22 - 1,83) \frac{9,3}{0,99} = 22,44 \text{ тс.}$$

Коефіцієнт стійкості зсувонебезпечного схилу

$$\eta = \frac{f(N - D) + cL}{T}$$

де $f = \text{tg} \varphi$ (φ – кут внутрішнього тертя порід в зоні передбачуваної поверхні ковзання);

c – зчеплення порід у зоні, що прилягає до передбачуваної поверхні ковзання;

L – довжина поверхні ковзання ($I - I$);

φ_{II} і c_{II} – беруться для другого граничного стану за результатами даних зрізових випробувань замочених зразків ґрунту (ДСТУ Б.В.2.1-4-96), відібраних в зоні, що прилягає до передбачуваної поверхні ковзання чи ослаблення (грунтово-рослинний шар)

$$\eta = \frac{0,32(36,5-22,44)+0,19 \cdot 9,5}{7,07} = 0,89 < 1.$$

При сполученні всіх несприятливих факторів згідно з розрахунками (1.1) – схил характеризується як зсувонебезпечний $=0,89$. Найбільш вагомим фактором, що сприяє зростанню небезпеки пластичних зсувних переміщень насипного масиву ґрунту, є тривале замочення ґрунтів зони ослаблення (прошарку ґрунтово-рослинного шару) та гідродинамічний тиск.

Література

1. Демчишин М.Г. Техногенні впливи на геологічне середовище України. К.: ІГН НАН України, 2004. 156 с.

2. Демчишин М. Г. Современная динамика склонов на территории Украины: инженерно-геологические аспекты. К.: Наукова думка, 1992. 256 с.

3. Габинет М.П., Кульчицький Я.О., Матковський О.І. Геологія і корисні копалини Українських Карпат. Львів: Вища школа, 1976. 200 с.

4. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і реформованості / ДСТУ Б В.2.1-4-96. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997.

5. Зоценко М. Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев, О. О. Петраков, В. Б. Швець, О. В. Школа, С. В. Біда, Ю. Л. Винников. Полтава: ПНТУ, 2003. 446 с.: іл.

References

1. Demchishin M.G. Technogenical influences on the geological environment of Ukraine. K.: IGS NAS of Ukraine, 2004. 156 p. [in Ukrainian]

2. Demchishin M.G. Modern dynamics of slopes on the territory of Ukraine: engineering and geological aspects. K. : Naukova Dumka, 1992. 256 p. [in Russian]

3. Gabinet M.P., Kulchytsky Ya.O., Matkovsky O.I. Geology and mineral resources of the Ukrainian Carpathians. Lviv: Vischa Shkola, 1976. 200 p. [in Ukrainian]

4. Soils. Methods of laboratory determination of strength and deformation characteristics. DSTU B V.2.1-4-96. Kyiv: State Committee of Ukraine for Urban Planning and Architecture. 1997. [in Ukrainian]

5. Zotsenko M.L. Engineering geology. Soil Mechanics, Fundamentals and Foundations: Textbook / M.L. Zotsenko, V.I. Kovalenko, A.V. Yakovlev, O.O. Petrakov, V.B. Shvets, O.V. Shkola, S.V. Bida, Yu. L. Vinnikov. Poltava: PNTU, 2003. 446 p. [in Ukrainian]