

## БУДІВНИЦТВО

УДК 624.15

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.2-2/37>**Стріжельчик Г.Г.**

Харківський національний університет будівництва та архітектури

**Бондаренко О.І.**

Харківський національний університет будівництва та архітектури

**Табачников С.В.**

Харківський національний університет будівництва та архітектури

**Найдьонова В.Є.**

Харківський національний університет будівництва та архітектури

**Кулішов С.В.**

Харківський національний університет будівництва та архітектури

### ОСОБЛИВОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА КАНАТНОЇ ДОРОГИ У ПРИМОРСЬКОМУ РАЙОНІ М. МАРІУПОЛЬ

У статті описані особливості інженерно-геологічних умов будівництва канатної дороги на зсувно-небезпечному північному узбережжі Азовського моря. Особливості ділянки полягають у перевищенні над рівнем моря на 68,7 м, у проходженні траси канатної дороги по тілу стародавнього зсуву, в геологічній будові та властивостях ґрунтів, наявності декількох водоносних горизонтів, у розвитку сучасних локальних зсувних процесів поверхневого типу, пов'язаних з інтенсивним освоєнням схилу. У геоморфологічному відношенні особливості території полягають у високому геодинамічному потенціалі і прояві таких процесів, як ерозія, абразія, зсувні зміщення різного типу: зсуви-обвали, зсуви-витискання, зсуви-ковзання поверхневого типу. Особливість ділянки полягає в тому, що вона розташована в «тіні» портових споруд, де різко понижена роль течій і абразії в переробці берега. Встановлено, що древній зсув належить до зсувів видавлювання блоків порід. Відзначено, що стійкість зсувного схилу загалом забезпечується його положенням у «тіні» портових споруд, що захищає берегову частину від розмиву.

Гідрогеологічні особливості ділянки полягають у наявності двох постійних водоносних горизонтів: верхній горизонт – в апшеронських відкладеннях – має безнапірний характер, має вигляд мочажин і розвантажуються в делясивні відкладення; нижній горизонт – у кувальницьких відкладеннях – має напір 10–15 м, розвантажуються в делясивні і сучасні морські відкладення. Обидва водоносні горизонти сприяють розвитку зсувних процесів.

У статті наводяться вихідні дані і результати розрахунку стійкості схилу, які виконані різними методами, а також наведені рекомендації щодо збереження загальної стійкості схилу та зниження активності локальних зсувів поверхневого типу. Наведені у статті дані та висновки дають змогу використовувати отримані результати під час освоєння інших ділянок північного узбережжя Азовського моря, що зазнають зсувних деформацій і відповідних деформацій існуючих забудов.

**Ключові слова:** канатна дорога, зсувні процеси, стійкість схилу, властивості ґрунтів.

**Постановка проблеми.** Необхідно виконати інженерно-геологічні вишукування, оцінити умови і можливості будівництва канатної дороги на зсувному схилі [1; 2] північного узбережжя Азовського моря.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У попередніх дослідженнях [5; 6] вивчалися загальні закономірності геологічної будови та розвитку північного узбережжя Азовського моря, і цим питанням присвячено цілу низку публіка-

цій. При цьому була відсутня необхідна характеристика фізико-механічних властивостей ґрунтів та оцінка стійкості ділянки будівництва канатної дороги [3; 4].

**Постановка завдання.** Мета статті – аналіз сучасного стану та інженерно-геологічних умов ділянки зсувного схилу на околиці м. Маріуполя з метою показу можливостей подальшого будівельного освоєння на подібних складних територіях морського узбережжя.

**Виклад основного матеріалу.** У структурно-тектонічному відношенні ділянка траси проходження канатної дороги (див. рис. 1) входить до зони з'єднання Чорноморської западини із Північно-кавказькою частиною Російської платформи, що приводить до формування розломно-блокової будови, яка простежується в рельєфі. Сучасна поверхня на території досліджень піднімається над рівнем моря на 60–70 м, а сучасні рухи блоків зумовлюють опускання до 1 см/рік [5–8].

Геологічна будова ділянки складається з літолого-генетичного комплексу порід, що мають свої фізико-механічні особливості, таких як (див. табл. 1):

- верхньочетвертинні еолово-делювіальні суглинки (потужністю до 10 м), лесовидні, макропористі, твердої консистенції, що мають властивості просадочних;
- товщі (до 30 м) четвертинних, літіфікованих (щільних), середніх і важких суглинків від твердої до тугопластичної консистенції, що набрякають і

формують усадкові «дзеркала» (що іноді помилково приймається за дзеркала ковзання);

- товща, що перешаровується, піщаних і глинистих відкладень апшеронської свити неогену лиманово-озерного походження, потужністю до 30 м;
- гравелісті відкладення і глини куюльницької свити неогену, покрівля яких знаходиться на 1–5 м вище за рівень моря. Потужність цих відкладень на цій ділянці не встановлена.

Як впливає з результатів виконаних робіт, ділянка канатної дороги, починаючи від уступу з абс. відм.  $\approx 68,7$  м і до рівня моря, проходить по тилівій стінці і тілу стародавнього зсуву видавлювання. Активний період розвитку цього зсуву був в інших гідрокліматичних умовах, імовірно, задовго до теперішнього часу. Період стабілізації та припинення ерозійного змиву тіла зсуву почався, на нашу думку, після закладки і розвитку портових споруд, які змінили характер берегових течій і перешкождали абразивним процесам, що викликаються вітрами північно-східного і південно-східного напрямків. На захід від ділянки (приблизно 300–500 м) на узбережжі, що не захищене портовими спорудами, добре простежуються основні свіжі елементи зсуву видавлювання – крута стінка відриву, уступи, горби видавлювання на суші і в морі.

У сучасний період ділянка проходження траси має достатній запас стійкості. Кількісні показники наведені в таблиці 2 та на рис. 2.

На ділянці спостерігаються численні промоїни й уступи. Промоїни пов'язані з великим коливан-

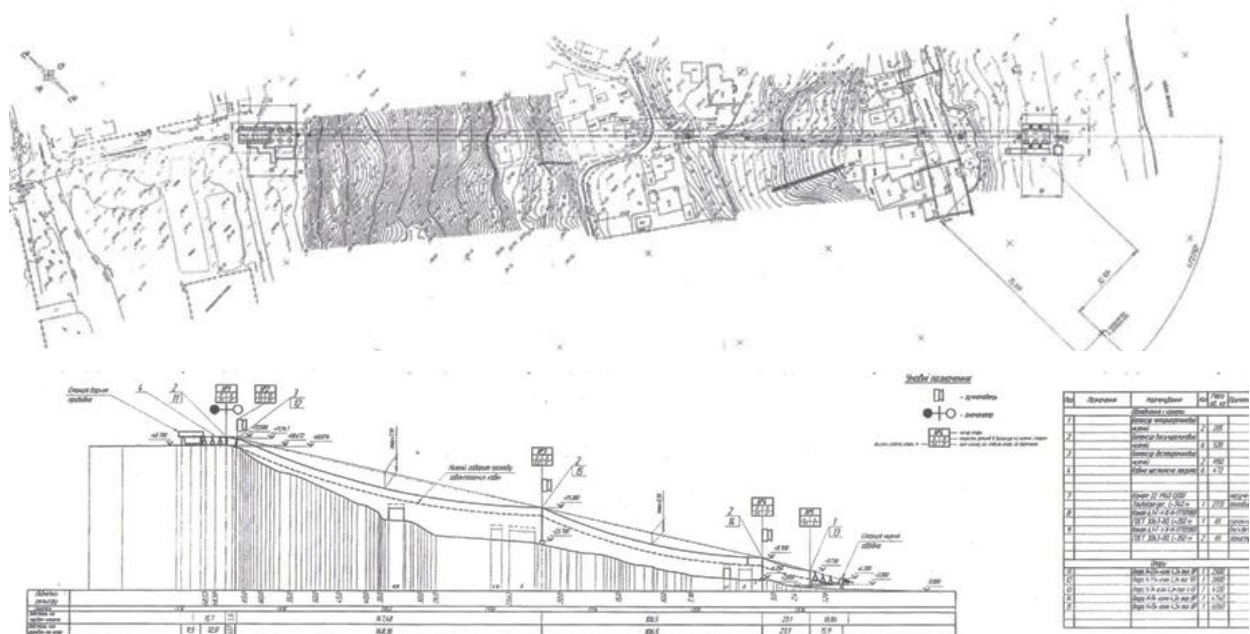


Рис. 1. Траса канатної дороги (план і повздовжній розріз)

Таблиця 1

## Фізико-механічні властивості ґрунтів. Розрахункові значення показників ІґЕ-2 – ІґЕ-10

Геологічний індекс	Номер ІґЕ	Найменування ґрунту	Питома вага ґрунту, кН/м <sup>3</sup>		Питоме зчеплення, МПа		Кут внутрішнього тертя, град.		Модуль деформації, МПа	
			$\gamma$		$c$		$\varphi$		$E$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q <sub>IV</sub>	2, 2a	Суглинок світло-жовтий, твердий, макропористий	15.40	15.37	0.153	0.025	21	19	11	6
Q <sub>II-III</sub>	3	Суглинок жовто-бурий, твердий, у водонас. ст. напівтвердий	20.18	20.20	0.217	0.050	21	19	15	13
Q <sub>II-III</sub>	4	Глина світло-бура, напівтверда, у водонасич. ст. напівтверда	19.62	19.60	0.138	0.043	17	14	16	14
Q <sub>II-III</sub>	5	Глина бура з помаранчевим відтінком, напівтверда, у водонасич. ст. напівтверда	19.56	19.52	0.127	0.030	23	21	17	14
Q <sub>I-Ng 2</sub> <sup>3</sup>	6	Коричнево-бурі глини зі включеннями піску і гравію, напівтверді	19.34	19.32	0.131	0.034	17	15	18	17
Ng <sub>2</sub> <sup>2</sup>	7	Коричнево-бурі напівтверді глини з прошарками сірих глин і лінзами сірого піску	19.40	19.36	0.147	0.042	18	15	16	15
Ng <sub>2</sub> <sup>2</sup>	8	Глини коричневі, жовтувато-коричневі, зеленуваті, напівтверді	19.88	19.83	0.139	0.036	18	15	14	13
Q <sub>IV</sub>	9	Пісок дрібний, сірий, маловологий, глинистий, середньої щільності	17.94	18.93	0.002	0.001	28	26	22	20
Q <sub>IV</sub>	9-а	Пісок дрібний, сірий, водонасичений, середньої щільності	18.93	18.93	0.001	0.001	26	26	24	24
Ng <sub>2</sub> <sup>3</sup>	10	Глина червона, тугопластична, у водонасич. ст. тугопластична	20.40	20.40	0.044	0.044	21	21	16	14

Таблиця 2

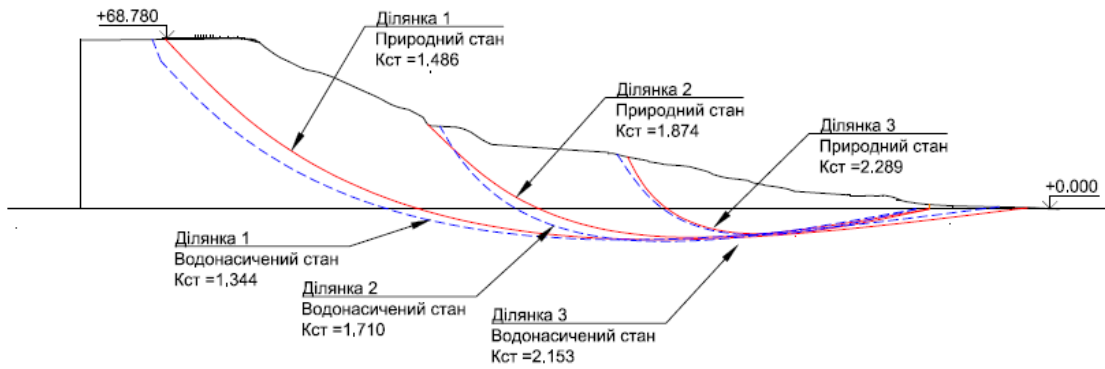
## Значення стійкості схилу в природному і водонасиченому стані

Назва методу	Значення стійкості схилу у природному стані			Значення стійкості схилу у водонасиченому стані*		
	Ділянка 1 (загальна стійкість)	Ділянка 2 (локальна стійкість 1)	Ділянка 3 (локальна стійкість 2)	Ділянка 1 (загальна стійкість)	Ділянка 2 (локальна стійкість 1)	Ділянка 3 (локальна стійкість 2)
Бішопа (спрощений)	1,477	1,870	2,297	1,337	1,712	2,159
Янбу (коригований)	1,468	1,849	2,253	1,310	1,683	2,122
Спенсера	1,486	1,874	2,289	1,344	1,710	2,153

ням відміток поверхні і, відповідно, з великою енергією руху зливових і талих вод. Уступи мають природний (блоковий) характер і техногенний, пов'язаний із плануванням ділянки й улаштуванням проїздів. Ймовірно, за багаторічний період стабілізації значна частина маси зсуву була розмита ерозійними процесами.

Одночасно з процесами загальної стабілізації ділянки на всіх уступах є свіжі сліди локальних

гравітаційних процесів. Ці процеси не створюють аварійних умов для споруд канатної дороги, але призводять до деформації будівельних конструкцій споруд садибної забудови. Ці порушення пов'язані зі зрізками, підсіпкою (тобто плануванням) окремих ділянок, наявністю центрального водопостачання і великої кількості вигрібних ям, а також із поливом городніх і садових ділянок.



Прим.:  
1. замочування ґрунтів виконувалось в умовах примусової вакуумації ;

### а) Метод Спенсера



Прим.:  
1. замочування ґрунтів виконувалось в умовах примусової вакуумації ;

### б) Метод Бішопа (спрощений)



Прим.:  
1. замочування ґрунтів виконувалось в умовах примусової вакуумації ;

### в) Метод Янбу (коригований)

Рис. 2. Схеми розрахунку стійкості схилу

Інженерно-геологічні умови ділянки проходження траси можуть істотно змінитися в бік зниження стійкості під впливом таких факторів:

- поглиблення (тобто виїмки ґрунту) в районі пляжу;
- інтенсивного замочування ґрунтів;
- підрізання схилу з утворенням уступів висотою понад 5 м.

Навпаки, розширення пляжу (шляхом підсипання і влаштування шпунтової огорожі) підвищить стійкість схилу [4].

Нині ділянка характеризується достатнім запасом стійкості (див. табл. 1) для об'єктів категорії відповідальності СС3. Оскільки інтенсивне замочування є одним з основних чинників, що діють на зсувні процеси, нами виконані дослідження, які показали, що навіть в умовах примусового замочування запас стійкості знижується несуттєво.

**Висновки.** За результатами виконаної роботи можна зробити такі висновки:

- Ділянка досліджень характеризується складними інженерно-геологічними умовами (категорія III «а»), оскільки розташована частково на верхній брівці зсувного уступу і частково на тілі стародавнього зсуву. Нині ділянка перебуває у стійкому стані, і ризик втрати стійкості відсутній.
- Мікропроцеси деформації будівельних конструкцій садибної забудови пов'язані з особливими властивостями набухаюче-усадочних ґрунтів і проявами повзучості (кріп) поверхневого типу. Цьому сприяють численні вигрібні

ями, поливи городів і дерев, а також підрізування природних укосів під час формування проїздів. Під час вибору типів фундаментів під різні споруди необхідно враховувати наявність просадочних ґрунтів на верхньому уступі і необхідність прорізки цих ґрунтів або усунення просідання трамбуванням, оскільки у процесі будівництва можливе замочування цих ґрунтів і наступні деформації.

– Стан та фізико-механічні властивості ґрунтів дають змогу будувати об'єкти канатної дороги як на фундаментах глибокого (палі), так і мілкого (окремо розташовані) закладення.

– Для збереження наявних умов стійкості схилу в межах умовної смуги відчуження та забезпечення тривалої експлуатації канатної дороги рекомендуємо:

- виконати часткове або повне зрізання насипних ґрунтів;
- організувати відведення поверхневого стоку по всій трасі канатної дороги шляхом влаштування лотків і водобійних колодязів;
- виключити підрізування схилу, оскільки це може викликати локальні зсувні зміщення;
- виключити видобуток піску і поглиблення в районі пляжу, оскільки це може знизити опір зсувного тиску з боку схилу;
- розширити пляж шляхом підсипання і будівництва берегозахисних споруд, що істотно підвищить загальну стійкість схилу на захід від канатної дороги.

#### Список літератури:

1. Стрижельчик Г.Г. Особенности развития оползневых процессов в пос. Мелекино на северном побережье Азовского моря / Г.Г. Стрижельчик, В.Ю. Егупов, А.И. Бондаренко, С.В. Кулишов // Материалы IV научной конференции. Х.: ХНУБА. 2017. С. 186–190.
2. Стрижельчик Г.Г. Особенности научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ для строительства на оползнеопасных участках / Г.Г. Стрижельчик, С.В. Кулишов // Науковий вісник будівництва. 2017. Т.87, № 1. С. 98–101. [Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb\\_2017\\_87\\_1\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2017_87_1_24)]
3. Рекомендации по инженерно-геологической типизации оползневых склонов применительно к задачам оценки устойчивости и инженерной защиты. М.: Стройиздат, 1984. 80 с.
4. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва [Чинний від 01.07.2008]. Мінрегіонбуд України. 74 с.
5. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення [Чинний від 2017-11-01]. Мінрегіонбуд України. 41 с.
6. Семкин Н.М. О классификационной принадлежности и механизме смещения оползней побережья Азовского моря / Н.М. Семкин // Гл. Разведка и охрана недр. ПГО Донбассгеология. 1994. № 4. С. 36–39.
7. Антюхов А.А. Механизм оползней неогеновых отложений Ждановского побережья Азовского моря // Антюхов А.А., Киев, 1982 г.

**Strizhelchik G.G., Bondarenko O.I., Tabachnikov S.V., Naidonova V.E., Kulishov S.V.**

#### **PECULIARITIES OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF CABLE ROAD CONSTRUCTION IN THE PRIMORSK DISTRICT OF MARIUPOL**

*The article describes the features of engineering and geological conditions for the construction of a cable road on the landslide-prone northern coast of the Sea of Azov. The peculiarities of the site are 68.7 meters*

*above sea level, the passage of the cable road route along the body of the ancient landslide, the geological structure and properties of soils, the presence of several aquifers, the development of modern local landslide processes associated with intensive development. In geomorphological terms, the features of the territory are high geodynamic potential and manifestation of such processes as erosion, abrasion, landslides of various types: landslides, landslides of extrusion, displacement landslides. The peculiarity of the site is that it is located in the "shadow" of port facilities, where the role of currents and abrasions in the processing of the shore is sharply reduced. It has been established that the ancient landslide belongs to the landslides of extrusion of rock blocks. It is noted that the stability of the landslide slope is generally ensured by its position in the "shadow" of port facilities, which protects the coast from erosion.*

*Hydrogeological features of the site are the presence of two permanent aquifers: the upper horizon – in Apsheron sediments – is pressureless, have the form of swamps and is unloaded into delapsive sediments; lower horizon – in Kuyalnytskia sediments has a pressure of 10–15 m, is unloaded into delapsive and modern marine sediments. Both aquifers contribute to the development of landslides.*

*The article presents the initial data and results of the calculation of the stability of the slope, performed by various methods, as well as recommendations for maintaining the overall stability of the slope and reducing the activity of local displacements of the surface type. The data and conclusions presented in the article allow to use the obtained results in the development of other parts of the northern coast of the Sea of Azov, experiencing landslides and the corresponding deformations of the existing buildings.*

**Key words:** *cable road, landslide processes, slope stability, soil properties.*