

УДК 624.13;725

**І.О. Менейлюк**

к.т.н., докторант Харківського національного університету будівництва та архітектури

**М.Ю. Качковський**

студент, Одеської державної академії будівництва і архітектури

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ЗСУВНИХ СХИЛІВ В КУРОРТНОМУ РАЙОНІ "АРКАДІЯ"**

**Анотація.** У статті здійснено аналіз існуючої літератури за темою досліджень. Розглянуто останні випадки виникнення зсувних деформацій в прибережній зоні курортного району "Аркадія". Досліджено стан гідрогеологічних умов зсувного схилу цього узбережжя. Представлені результати проектування необхідного комплексу інженерних міроприємств та споруд. Здійснення розробленого проекту дозволить забезпечити безпечні умови експлуатації розглянутої території із врахуванням 8-ми бальної сейсмічності.

**Ключові слова:** схил, зсув, прибережна зона, зсувонебезпечні схили, безпечні умови, сейсмічність.

**Вступ.** Робота присвячена проблемі стабілізації зсувних схилів в курортному районі "Аркадія".

За своїм курортно-рекреаційним й туристичним потенціалом м. Одеса займає одне із перших місць в Україні. Особливості економічно-географічного розташування, розвинена мережа транспорту, сприятливі природні та кліматичні умови, наявність пам'яток природи, архітектури, історії й культури, цілющих грязей і джерел мінеральних вод створюють вигідні передумови для формування й розвитку в соціально-економічному комплексі м. Одеси високоприбуткової курортно-рекреаційної й туристичної галузі. На даний момент найпопулярнішою територією для відпочинку виступає курортний район "Аркадія", який займає одну із ключових позицій в формуванні образу міста. Однак, навіть у цієї частково освоєної території є ряд проблем, які потребують негайного втручання та прийняття правильних рішень. Ділянки берегової зони, як правило, характеризуються складною багатшаровою структурою, а саме, численними нашаруваннями похилих до моря різних типів ґрунту, серед них присутні водонасичені шари незв'язного ґрунту, які можуть являтися лінзою ковзання. В береговій зоні м. Одеси, у тому числі в Аркадії, при наявності крутого спуску вздовж усього берегу, більшість схилів являються зсувними. Тому проведення заходів інженерного захисту з укріпленням територій та стабілізацією зсувних процесів в прибережній зоні даного району являється актуальним.

**Аналіз досліджень і публікацій з проблеми.** В межах північного Причорномор'я зсуви вивчаються протягом багатьох десятиліть, причому основна увага була приділена зсувам узбережжя Чорного моря. Питанням щодо стійкості схилів, зсувоутворюючих чинників та заходів по стабілізації зсувонебезпечних територій присвячено ряд наукових робіт, посібників та видань, таких авторів, як: І.П. Бойко, Е.Ю. Петренко, Г.І. Рудько, М.Г. Демчишин, Е.П. Ємельянов, С.К. Сухурученко, С.М. Шаталін, І. В. Кривюк та ін. Ефективність запобігання виникненню зсуву, як і з будь-якими іншими екзогенними геологічними процесами, значною мірою залежить від можливості обґрунтованого з наукової точки зору розрахунку та передбачення (прогнозування) цих процесів. Свій вклад в розвиток методів розрахунку та способів боротьби із нестійкими схилами зроби-

ли: І.П. Бойко, М.Л. Коваленко, А.В. Яковлев, Ю.Й. Великодний, М.Л. Зоценко, В.А. Титаренко С.С. Вялов, М.П. Дубровський [1-6] та ін.

Згідно цих джерел, основними природними чинниками, що викликають розвиток зсувів, є геологічна будова, гідрогеологічні умови, рельєф місцевості, клімат, інтенсивність і контрастність неотектонічних рухів. В той же час такі процеси як ерозія та абразія, порушують рівновагу схилів і виступають також одним із основних чинників зсувних процесів. На узбережжі Чорного й Азовського морів існує багато зсувних ділянок, що активізувалися в результаті масового забору піску з пляжів і будівництва будинків і споруд на нестійких морських берегах. Щоб запобігти розвитку зсувних деформацій потрібно провести протизсувні заходи. В Одеській області вони носять локальний характер і виконуються в останні роки тільки у разі аварійного стану споруд та руйнування транспортних мереж. Основним зсувоутворюючим фактором на північно-західному узбережжі Чорного моря є абразія. Проте на Одеському узбережжі також розвиваються зсуви, зміщення яких визначається не тільки розмивом порід морем, але й іншими процесами, наприклад, тектонічними рухами, коливаннями рівня підземних вод та температур, атмосферними опадами, збільшенням навантаження на схил від будівництва, підрізкою, витокками з водонесучих мереж, надлишковим поливом території та ін [7]. Винятком не являється і прибережна зона північної частини пляжу "Аркадія".

Нормативні документи [3,6] пропонують виконати ряд заходів інженерного захисту, які підвищать стійкість схилу:

- терасування, виположування та зміну рельєфу схилу шляхом регулювання балансу мас та планування поверхні схилу і прилеглої до нього території;
- закріплення ґрунтів (електрохімічне, цементизація, силікатизація, обпалювання, покриття торкрет-бетоном, набризгбетоном, тощо)
- регулювання поверхневого та підземного стоку. (Встановлення систем відкритих похилих дренажів із паралельними та перпендикулярними схилу жолобами. Встановлення систем закритих дренажів на одному чи декількох рівнях);
- захист схилу від вітрової та водної ерозії;
- поліпшення фізико-механічних властивостей

зсувних ґрунтових мас за різними технологіями (ін'єктування ґрунтів закріплюючими розчинами, ґрунтоцементними елементами, влаштованими за бурозмішувальною та струменевою технологією цементної, тощо);

- армування ґрунту георешітками та геотекстилем;
- агролісомеліорацію у формі вирощування на поверхні схилу трави з розвинутою кореневою системою, чагарників, дерев та ін.;
- влаштування контрбанкетів і контрфорсів у вигляді земляних і кам'яних споруд у нижній частині схилу, що перетинають виходи на поверхню схилу поверхонь ковзання та підвищують тим самим стійкість схилу;
- влаштування утримуючих протизсувних споруд у вигляді заанкерованих у ґрунті підпірних стін чи глибоких опор з бурових паль, об'єднаних по верху ростверками у формі підпірних стін;
- улаштування глибоких опор, що перетинають поверхні ковзання і підвищують опір ковзанню за принципом поперечного армування ґрунту;
- влаштування протиерозійних конструкцій;
- влаштування берегозахисних споруд для захисту від підмиву та розмиву берегів;
- встановлення уловлюючих споруд і пристроїв (уловлюючі стіни, вали, траншеї);
- спорудження фундаментів, що обтікаються зсувним ґрунтом;
- привантаження нижньої частини і розгрукка верху схилу.

Проте рекомендації нормативної літератури несуть узагальнений характер. Вирішення питання, які із методів застосовувати для стабілізації схилів, може бути виконане лише після аналізу гідрогеологічних та інших умов конкретного узбережжя, в тому числі і Аркадієвського. Таким чином, аналіз інформаційних джерел показав, що конкретні рекомендації для застосування вибраних методів на унікальній території, а саме на прибережній частині пляжу "Аркадія" — відсутні.

**Метою роботи** являється, аналіз існуючих та розробка ефективних рішень інженерного захисту території, а саме, північної частини пляжу "Аркадія" м. Одеса.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- Аналіз інформаційних джерел за темою досліджень;
- Аналіз досвіду освоєння прибережної зони м. Одеси;
- Розробка індивідуального рішення інженерного захисту, зсувонебезпечних схилів в курортному районі Аркадія м. Одеса.

**Основний матеріал.** Курортно-рекреаційна зона морського узбережжя Одеси займає значну площу та має важливе містотвірне значення. Ця зона має територіальні резерви, які можуть бути виявлені в результаті комплексної планувальної організації приморського курорту. Прибережні схили розглядаються як важливий елемент екокаркасу міста, буферної зони між щільною забудовою і морем, яка сприятиме створенню здорового та комфортного середовища проживання та відпочинку населення Одеси. На крутих схилах прибережної зони Одеси влаштований цілий ряд протизсувних заходів, однак профілактичні комплексні роботи по підтриманню нормальних умов експлуатації даних елементів не проводились. Зараз більшість конструкцій знаходяться в аварійному стані та потребують оновлення. Для безпечної експлуатації узбережжя необхідно провести ряд інженерних заходів по берегоукріпленню більшої частини цієї території.

Експлуатація схилів району Аркадія має як позитивний, так і негативний досвід. До руйнування прибережної лінії призвело будівництво там висотного житлового комплексу "Морська симфонія". Зсув відбувся в місці проходження майбутньої дороги до даного об'єкту, через підрізання схилу (рис. 1).

Зсув, що відбувся під час будівництва об'єкту "Аквапарк" дав поштовх для розвитку руйнівних



Рис. 1 Підрізання схилу під будівництвом комплексу "Морська симфонія"



Рис. 2 Зсув біля будівництва об'єкта "Аквапарк"

процесів на вище розміщених схилах по вул. Каманіна. Ця проблема була викликана зрізанням схилу, а спроби укріплення невисокою підпірною стінкою не дали очікуваного результату (рис. 2).

Також відбувалися зсуви і поблизу "Траси здоров'я" під будівлею Гідрометцентра (рис. 3), та біля території колишнього санаторію "Росія".

Помітні незначні просадки тротуарів внизу плато зі сторони вул. Генуезької. Під Аркадіївським палацом змістилась висаджена соснова алея. Схил намагалися утримати за допомогою дерев'яних опалубок для дерев, але марно.

Варто зазначити, що переважна більшість небезпечних деформацій виникає в результаті випадання рясних атмосферних опадів, що сприяє підвищенню вологості ґрунтів, формуючих схил. Також прослідковуються наслідки гравітаційних зміщень ґрунтових мас зі сходом пластичного ґрунту і оголенням шарів вапняку. Саме тому більшість масштабних обвалів, деформацій схилів та їх сповзання переважно спостерігаються навесні (танення снігу) та восени (дощовий період).

Немалозначним фактором зростання зсувних деформацій являється збільшення навантаження на схили від новобудов. Але при правильному зведенні елементів інженерного захисту з укріплення схилів, що піддаються навантаженню, та стабілізації зсувних

процесів, будівництво в цій зоні стає можливим. Її освоєння являється досить привабливим для забудовника та сприятиме розвитку ландшафтно-рекреаційної зони міста, яка на даний момент має неоднорідну структуру.

Таким прикладом являється освоєння північного узбережжя курортної частини Аркадії. Для її безпечної експлуатації необхідна розробка ефективного інженерного рішення по берегоукріпленню.

Ділянка запланованого будівництва розміщена в північній частині зсувного амфітеатру Одеського узбережжя на відстані 490 м. від лівого схилу Аркадієвської балки. Брівка плато хвиляста зі слідами неглибоких вимоїн і закінчується обривом висотою 12-18 м. ширина зсувного тіла схилу складає 85-80 м. з виділенням двох явних ступенів. Верхня ступінь шириною 38-42,5 м. на позначці 11,0-14,0 м. та нижня шириною 40,0 м. на позначці 10-6,0 м.

Нижня зсувна ступінь, зі сторони моря, обмежена підпірною стінкою із засипкою тилової пазухи суглинком на ширину від 12, до 17 м.

Згідно гідрогеологічних вишукувань на даній території присутні ґрунтові (підземні) води. В межах зсувного схилу, ґрунтові води залягають на глибині 6,4-11,6 м.

Геологічними факторами, які сприяють розвитку зсувів, являється наявність в розрізі виступу



Рис. 3 Зсув поблизу "Траси здоров'я" в районі Аркадії

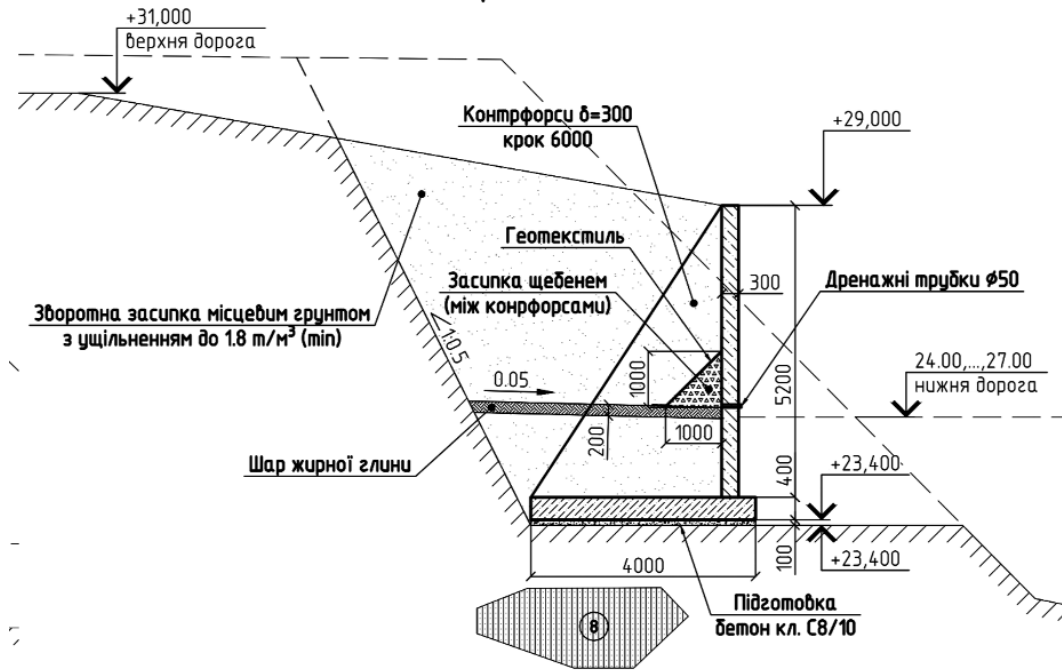


Рис. 4 Приклад зведення підпірної стіни з контрфорсами

плато меотичних глин — середовища, сприятливого для розвитку пластичних деформацій в процесі повзучості та зниження міцності з плином часу. Також необхідно відмітити наявність в меотичних глинах підготовленої поверхні ковзання, яка при збільшенні напружень в ґрунті сприятиме активізації геологічних процесів. На розглянутій ділянці узбережжя, раніше розвивалися глибокі блокові зсуви видавлювання з ковзанням лесових шарів по червоно-бурим глинам.

Також, необхідно врахувати, що дана територія розміщена в сейсмонезбезпечній зоні. Розрахунок стійкості схилу виконано із врахуванням сейсмічного навантаження. Згідно ДБН В.1.1-12-2014 "Будівництво у сейсмічних районах України", додаток Б, карти ЗСР-2004 А та В, нормативна сейсмічність ділянки складає 7 балів, а згідно карти ЗСР-2004 С - 8 балів. Дія сейсмічного впливу на стійкість схилу при 6 балах в інженерній практиці не враховувалась. врахування рекомендацій ведучих спеціалістів-сейс-

мологів про можливість сейсмічних коливань в 7 та 8 балів, ставлять цей небезпечний геологічний процес в ряд основних.

Для вирішення проблеми виникнення зсувів у прибережній зоні району Аркадія передбачено наступне.

Для неможливості активізації існуючої поверхні ковзання було запроєктовано організовану систему поверхневого водовідведення та захист від намокання верхніх шарів ґрунту на плато.

Для запобігання зсувних процесів у верхній частині схилу необхідне спорудження кутових підпірних стін та кутових стін з контрфорсами із передбаченим встановленням пристінкового дренажу (дренажні трубки діаметром 50 мм з кроком 1500 мм), (рис. 4).

Враховуючи факт неможливості зміни балансу ґрунту в межах зсувного схилу, для забезпечення нормативного коефіцієнту запасу стійкості, проектом передбачено залучення до роботи ґрунтів, що

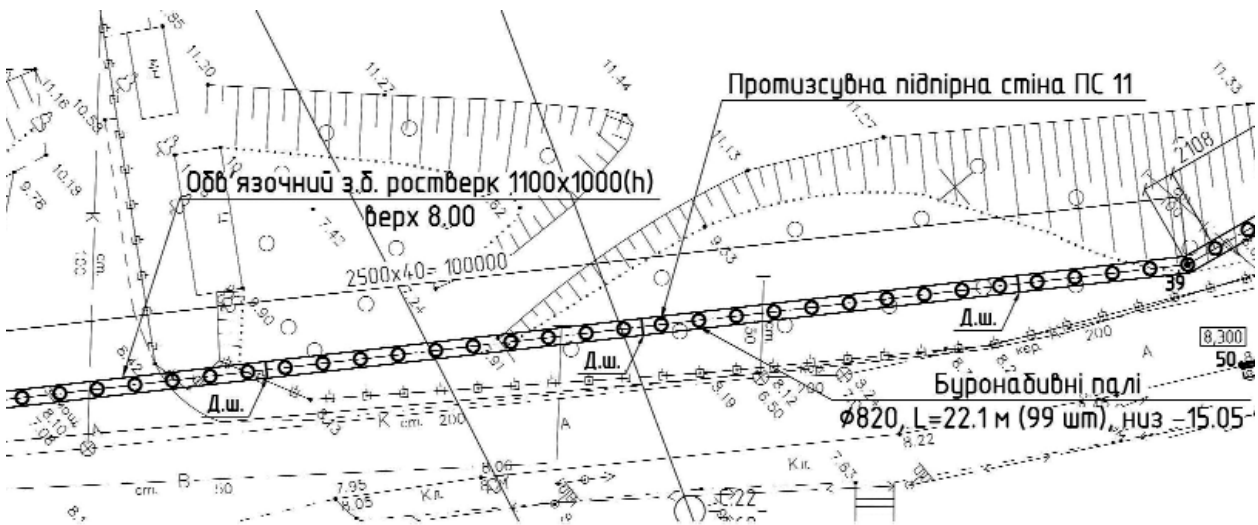


Рис. 5 План конструкції підпірної стіни із буронабивних паль

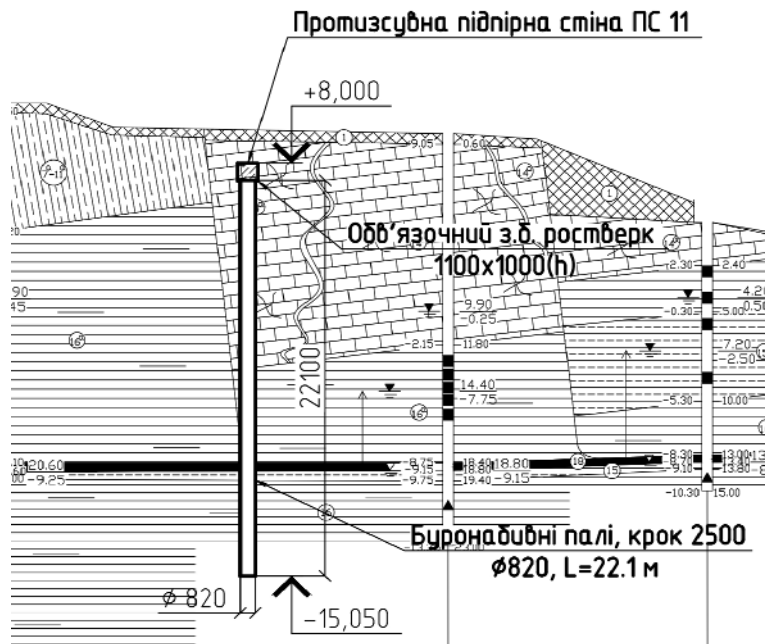


Рис. 6 Розріз конструкції підпірної стіни із буронабивних палів

знаходяться нижче поверхні зміщення. Для цього необхідне влаштування підпірної стіни із буронабивних палів діаметром 1020 мм. та довжиною 28,0 м., об'єднаних ростверком з контрфорсами з буронабивними палями діаметром 1020 мм. та довжиною 10,8 м., а також підпірних стін із буронабивних палів діаметром 820 мм., довжиною 22,0 м. та діаметром 620 мм. різноманітної довжини (рис. 5,6).

Для компенсації зусиль з випучування ґрунту, в результаті ковзання, в центральній частині ділянки заплановано будівництво комплексу адміністративних будівель, навантаження від яких забезпечує достатній баланс сил та приводить схил, разом з про-

тизсудними конструкціями, в стабільне, стійке положення.

Підсумовуючи вище викладене, можна зробити наступні висновки:

**1. Розроблений проект дозволить забезпечити безпечні умови експлуатації північної частини пляжу "Аркадія" із врахуванням 8-ми бальної сейсмічності.**

**2. Використання методів інженерного захисту наведених у роботі, можливе на інших аналогічних ділянках, при обов'язковому аналізі інженерно-геологічних вишукувань.**

#### Література

1. Бойко І. П. Пальові фундаменти висотних будинків у складних ґрунтових умовах / І. П. Бойко, В. Л. Підлущкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. — 2014. — № 8. — С. 23-32. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia\\_2014\\_8\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2014_8_7).
2. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення: ДБН В.1-3-97. — К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998. — 72 с. — (Національний стандарт України).
3. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення: ДБН В.1.1-24:2009. — К.: Мінрегіонбуд України, 2010. — 30 с. — (Національний стандарт України).
4. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев та ін.]. — Полтава: ПНТУ, 2004. — 568 с.
5. Великодний Ю.Й. Захист територій від зсувів: навч. посібник / Великодний Ю.Й. — Полтава: Поліграфічний центр "Скайтек", 2006. — 116 с. 5. Досвід стабілізації зсувних схилів річкових долин / [М.Л. Зоценко, Ю.Й. Великодний, В.А. Титаренко та ін.] // Світ геотехніки. — 2010. — №1. — С. 4-10.
6. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах: ДБН В.1.1-45:2017 — К.: Мінрегіонбуд України, 2017. — 51 с. — (Національний стандарт України).
7. Мелконян Д. Самоорганізована критичність у зсувних процесах Одеського узбережжя / Д. Мелконян // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. — 2012. — Вип. 59. — С. 58-60.

#### References

1. Bojko I. P. Pal'ovi fundamenti vy`сотny`x budy`nkiv u skladny`x gruntovy`x umovax / I. P. Bojko, V. L. Pidlucz`kyj // Visnyk Pry`dniprov`s'koyi derzhavnoyi akademiyi budivny`ctva ta arxitektury`. — 2014. — # 8. — S. 23-32. — Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia\\_2014\\_8\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2014_8_7).

2. *Inzhenernyj zaxy`st tery`torij, budy`nkiv i sporud vid zsuviv ta obvaliv. Osnovni polozhennya: DBN V.1-3-97.* — K.: Derzhavnyj komitet budivny`czstva, arxitektury` ta zhy`tlovyi polity`ky` Ukrainy`, 1998. — 72 s. — (Nacional`nyj standart Ukrainy`).
3. *Zaxy`st vid nebezpechny`x geologichny`x procesiv. Osnovni polozhennya: DBN V.1.1-24:2009.* — K.: Minregionbud Ukrainy`, 2010. — 30 s. — (Nacional`nyj standart Ukrainy`).
4. *Inzhenerna geologiya. Mexanika g`runtiv, osnovy` ta fundamenty` : pidruchny`k / [M.L. Zocenko, V.I. Kovalenko, A.V. Yakovlyev ta in.].* — Poltava: PNTU, 2004. — 568 s.
5. *Vely`kodnyj Yu.J. Zaxy`st tery`torij vid zsuviv: navch. posibny`k / Vely`kodnyj Yu.J.* — Poltava: Poligrafichnyj centr "Skajtek", 2006. — 116 s. 5. *Dosvid stabilizaciyi zsuivny`x sxy`liv richkovy`x doly`n / [M.L. Zocenko, Yu.J. Vely`kodnyj, V.A. Ty`tarenko ta in.]. // Svit geotekhniki`.* — 2010. — #1. — S. 4-10.
6. *Budivli i sporudy` v skladny`x inzhenerno-geologichny`x umovax: DBN V.1.1-45:2017* — K.: Minregionbud Ukrainy`, 2017. — 51 s. — (Nacional`nyj standart Ukrainy`).
7. *Melkonyan D. Samoorganizovana kry`ty`chnist` u zsuivny`x procesax Odes`kogo uzberezhzhya / D. Melkonyan // Visny`k Ky`yiv`s`kogo nacional`nogo universy`tetu imeni Tarasa Shevchenka. Geologiya.* — 2012. — Vy`p. 59. — S. 58-60.

**И.О. Менайлюк**  
**М.Ю. Качковский**

### СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ В КУРОРТНОМ РАЙОНЕ "АРКАДИЯ"

**Аннотация.** В статье осуществлён анализ существующей литературы согласно теме исследований. Рассмотрены последние случаи возникновения оползневых деформаций в прибрежной зоне курортного района "Аркадия". Исследовано состояние гидрогеологических условий оползневого склона этого побережья. Представлены результаты проектирования необходимого комплекса инженерных мероприятий и сооружений. Осуществление разработанного проекта позволит обеспечить безопасные условия эксплуатации рассматриваемой территории с учетом 8-балльной сейсмичности.

**Ключевые слова:** склон, оползень, прибрежная зона, оползнеопасные склоны, безопасные условия, сейсмичность.

**I.O. Menejlyuk**  
**M.Yu. Kachkovskyj**

### STABILIZATION OF REMAINED SLOPES IN THE ARKADIA RESORT

**Abstract.** The article analyzes the existing literature on the topic of research. The last cases of occurrence of shear deformations in the coastal zone of the resort area "Arcadia" are considered. The state of hydrogeological conditions of the landslide slope of this coast is investigated. The results of designing the necessary complex of engineering measures and structures are presented. The implementation of the developed project will ensure safe operating conditions of the territory under consideration, taking into account 8-point seismicity.

**Key words:** slope, landslide, coastal zone, landslide dangerous slopes, safe conditions, seismicity.