

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ДЕРЕВ'ЯГІНА НАТАЛІЯ ІВАНІВНА



УДК 624.131:631.48:632.5

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОГЕОМЕХАНІЧНОЇ СТІЙКОС-
ТІ ЛЬОСОВИХ МАСИВІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ГЕНЕЗИСУ
І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Спеціальність 05.15.09 – “Геотехнічна і гірничча механіка”

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гідрогеології та інженерної геології Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
САДОВЕНКО Іван Олександрович,
професор кафедри гідрогеології та інженерної геології
Державного вищого навчального закладу “Національ-
ний гірничий університет” Міністерства освіти і науки
України (м. Дніпропетровськ).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ПЕТРЕНКО Володимир Дмитрович,
завідувач кафедри тунелів, основ та фундаментів Дніп-
ропетровського національного університету залізнич-
ного транспорту імені акад. В. Лазаряна Міністерства
освіти і науки України;

кандидат технічних наук
ДЯКУН Роман Анатолійович,
науковий співробітник відділу керування динамічними
проявами гірничого тиску Інституту геотехнічної ме-
ханіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук
України (м. Дніпропетровськ).

Захист відбудеться “16” жовтня 2015 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 у Державному вищому навчальному закладі “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, тел. (0562)47-24-11).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

Автореферат розіслано “16” вересня 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Серед різноманіття геологічних утворень своїми специфічними інженерно-геологічними властивостями виділяються льосові ґрунти. Їх особливості характеризуються малою природною вологістю, низькою водостійкістю, високою пористістю, просадністю та безпосередньо пов'язані з процесами зсувоутворення. Актуальність інженерної протидії зсувам має важливе значення у зв'язку з розповсюдженням льосових масивів на території України до 60%. При масовому будівництві в містах виникає необхідність освоювати несприятливі території, зокрема зсувонебезпечні схили. На вже забудованих ділянках виникають проблеми втрати стійкості льосових масивів внаслідок численних витоків з водогінних комунікацій, недостатнього дренажу (або його відсутності), підрізки схилів, порушення норм експлуатації будівель і споруд, а головне – підтоплення. Дніпропетровська область посідає одне з перших місць в Україні за кількістю зсувонебезпечних територій. На сьогоднішній день їх площа становить понад 145 км².

Діючі на даний момент нормативні документи, які застосовуються для проектування й будівництва на льосових ґрунтах, не враховують повною мірою їх специфіку. Результати досліджень, покладені в основу цих нормативів, були отримані в середині ХХ століття. Науково обґрунтованих підходів, які б враховували повною мірою як геомеханічні, так і гідродинамічні фактори формування гідрогеомеханічної стійкості льосових масивів, дотепер не розроблено. Це зумовило необхідність обґрунтування нового підходу до оцінки стану зсувних льосових масивів. Тому вивчення геомеханічних і фільтраційних процесів масиву в умовах техногенного навантаження, а також розробка методики розрахунку параметрів стійкості схилів, яка базується на специфічних особливостях льосових порід, є актуальною науковою і практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими проблемами, планами і темами. Дисертація є складовою частиною науково-дослідних робіт Державного ВНЗ “Національний гірничий університет” за темами ГП–443 “Геолого–гідрогеологічне та геофізичне обґрунтування параметрів експлуатації та акумуляції теплової енергії техногенних газогідротермальних родовищ Донбасу” (№ держреєстрації 0111U002813), ГП–459 “Наукові основи раціонального використання вугільних ресурсів середнього карбону Західного Донбасу” (№ держреєстрації 0113U000403), а також відповідає напрямам господарчих договорів з підприємствами (№№ 040823 – 040828, 040830).

Мета роботи полягає в обґрунтуванні параметрів стійкості льосових масивів з урахуванням генезису, енергетичних та гідродинамічних характеристик ґрунтового схилу.

У зв'язку з цим у дисертаційній роботі сформульовані та вирішені наступні **задачі**:

1. Виконано аналіз чинників, які визначають втрату стійкості льосових масивів у природному та техногенно навантаженому стані.
2. Оцінені закономірності ослаблення структурної стійкості техногенно навантажених масивів льосових порід.

3. Визначені техногенні умови і параметри формування режиму підземних вод як основного фактора активізації зсувних процесів.

4. Обґрунтована й апробована енергетична модель оцінки потенційної зсувонебезпечності льосових масивів і розроблені рекомендації з інженерного захисту забудованих територій.

Ідея роботи полягає в оновленні критеріїв стійкості масивів та регулюванні геомеханічних та гідродинамічних режимів порушених льосових ґрунтів на основі закономірностей змін їх властивостей за різних умов техногенного навантаження.

Об'єктом досліджень є гідрогеомеханічні процеси, що визначають зміну властивостей присхилових масивів льосових порід під впливом техногенної фільтрації.

Предметом досліджень є параметри деформацій льосових масивів, фільтраційні та енергетичні закономірності формування їх нестійкого стану, які визначають характер деформаційних порушень.

Методи досліджень. Для досягнення мети і вирішення задач, поставлених у дисертаційній роботі, виконаний комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, що містить аналіз і систематизацію літературних джерел за станом досліджуваного питання, лабораторні експерименти з вивчення характеру деформацій при фільтраційних процесах, аналітичні розрахунки, емпіричний аналіз фактичних даних, чисельне моделювання фільтраційних, геомеханічних, а також енергетичних процесів зсувних льосових масивів, інженерну апробацію результатів.

Наукові положення:

1. Анізотропія льосового масиву набуває інверсії внаслідок техногенного впливу фільтраційних і деформаційних процесів у зонах схилів при девіаторі напружень 150...200 кПа, що призводить до виникнення й активізації глибинної ерозії в льосових породах та зумовлює зсуви течії, при цьому значення коефіцієнта фільтрації в горизонтальному і вертикальному напрямках відрізняються до 9 разів.

2. Основним параметром, що визначає зсувонебезпечність льосового масиву, є потенціал активації схилу у вигляді суми градієнтів повної енергії та градієнтів деформацій. Потенціал активації в стадії активізації зсувного процесу знаходиться в діапазоні 0,08...0,09 і є критичним.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше встановлено явище інверсії фільтраційної анізотропії льосів у порівнянні з їх природним станом, яке слід віднести до техногенних змін ґрунтових масивів. Доведено, що внаслідок цього виникають процеси глибинної ерозії з випереджаючою фазою формування гідравлічно інертних порожнин.

2. Обґрунтована математична модель фільтраційних процесів льосового масиву за скінченнорізницевою схемою в умовах техногенного навантаження в до- та після зсувний період. Отримані кількісні показники зміни гідродинамічного режиму підземних вод під впливом техногенного навантаження і виділені потенційно небезпечні зони формування зсувів у масиві.

3. Обґрунтована методика моделювання стійкості льосових ґрунтів, що враховує складне поєднання природно-геологічних і геодинамічних факторів у вигляді синтезу енергетичної та механістичної моделей, в основу яких покладено дані, отримані при проведенні стабілометричних випробувань зразків ґрунту.

4. Вперше обґрунтовані параметри потенціалу активації льосового масиву та його кількісні діапазони, що дозволяють прогнозувати різні фази зсувних процесів.

Обґрунтованість та вірогідність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується: результатами аналізу та оцінки фактичних і експериментальних даних за просадними і фільтраційними деформаціями льосових ґрунтів Придніпровського регіону, використанням фундаментальних положень гідродинаміки і геомеханіки, достатньою збіжністю (до 85%) результатів прогнозних розрахунків і натурних вимірювань, моделюванням з параметрами фільтраційних властивостей льосових ґрунтів отриманими експериментальним шляхом, а також апробації методики на зсувних масивах.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей фільтраційних і деформаційних процесів при формуванні зсувів течії з виділенням критичної фази фільтраційної інверсії та прогнозом стійкості ґрунтових схилів в умовах техногенного навантаження.

Практичне значення роботи:

1. На основі встановлених зсувоутворюючих фільтраційних параметрів з'ясований механізм формування зсувів течії в льосових ґрунтах, а також обґрунтовані інженерні заходи протидії виникненню і розвитку аварійних ситуацій на схилових масивах.

2. Розроблена методика моделювання стійкості льосових ґрунтів, яка враховує складне поєднання природно-геологічних і геодинамічних факторів у вигляді комплексу енергетичної та механістичної моделей, що дозволяє прогнозувати стан зсувних масивів за критичним значенням потенціалу активації.

Практична цінність роботи полягає в обґрунтуванні методичного підходу прогнозування процесів зсувоутворення льосових схилів, який є основою для прийняття технічних рішень з регулювання геотехнічного стану масиву і забезпечення його безаварійної експлуатації з мінімальними витратами.

Реалізація роботи. Результати досліджень впроваджено у ТОВ НВП “ДніпроДІНТР” у вигляді рекомендацій щодо проектування і проведення моніторингових та інженерних заходів на потенційно зсувонебезпечній ділянці ж/м “Тополя” та проекті підсилення основ фундаментів будинку ОСББ ЖК “Славний” інститутом “Дніпропроектстальконструкція”.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети, задач досліджень, наукових положень, висновків та рекомендацій; постановці та виконанні експериментальних досліджень, створенні й обґрунтуванні фільтраційних та енергетичних моделей; розробці технічних рішень щодо забезпечення безаварійного режиму експлуатації схилових масивів.

Апробація результатів досліджень. Основні результати досліджень доповідалися, обговорювалися й отримали позитивну оцінку на міжвузівській на-

уково-практичній конференції молодих вчених “Наука і техніка: перспективи XXI століття” (Дніпропетровськ, ПДАБА, 2010), The 5 – 6th International Forum for Students “Widening Our Horizons” (Дніпропетровськ, НГУ, 2010 – 2011), VII міжнародній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень” (Дніпропетровськ, ДНУ, 2010), міжнародному форумі-конкурсі молодих вчених “Проблеми недропользования” (Санкт-Петербург, Санкт-Петербурзький державний гірничий інститут імені Г.В. Плеханова, 2012, 2015), 3rd International Geological Conference (Львів, 2012), IV – V всеукраїнських науково-технічних конференціях “Наукова весна” (Дніпропетровськ, ДВНЗ “НГУ”, 2013 – 2014), XVI міжнародній науково-практичній конференції “Природные и математические науки в современном мире” (Новосибірськ, 2014), міжнародній конференції “Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості та транспорту 2014” (Дніпропетровськ, ДВНЗ “НГУ”, 2014).

Публікації. Основні наукові і практичні результати дисертаційної роботи опубліковано в 17 наукових працях, з яких 6 робіт опубліковано в фахових виданнях (з них 1 – в зарубіжному виданні, 3 – в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз), 11 – у збірниках конференцій.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 146 найменувань на 13 сторінках та 2 додатків на 5 сторінках, містить 143 сторінки машинописного тексту, 60 рисунків і 17 таблиць. Загальний обсяг роботи 170 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі викладена актуальність, сформульовані мета і задачі дисертаційної роботи, наукова новизна, основні результати досліджень, наведено наукові положення, що виносяться на захист, та дані про структуру роботи, апробацію результатів і публікації за напрямками досліджень.

В роботі охарактеризовані основні фактори, що визначають енергетичний стан льосових порід у природному і техногенно навантаженому стані, а також оцінці умов розвитку геомеханічних процесів у льосових масивах. Виконаний критичний аналіз існуючих теоретичних і практичних розробок у прогнозуванні та регулюванні геотехнічною стійкістю льосових масивів.

Слід відзначити, що в працях багатьох вчених (Ю.М. Абєлева, В.П. Ананьєва, В.В. Аскалонова, Л.Г. Балаєва, Г.К. Бондаріка, С.Ф. Власова, М.Ф. Веклича, М.Н. Гольдштейна, І.М. Горькової, М.Я. Денисова, А.М. Драннікова, В.С. Істоміної, М.І. Крігера, В.І. Крутова, А.К. Ларіонова, Г.А. Мавлянова, Н.О. Максимової-Гуляєвої, Р.Р. Мікашиновича, Т.П. Мокрицької, А.А. Мустафаєва, В.А. Обручева, В.Д. Петренка, І.О. Садовенка, Є.М. Сергєєва, Н.М. Соколова, В.Т. Трофимова, А.Я. Туровської, М.О. Цитовича, В.Г. Шаповала) досліджено вплив деформаційних та міцнісних властивостей льосових порід у різних умовах на геотехнічний стан масивів, проте не досягнуто завершеного вирішення завдань захисту забудованих територій на льосових масивах від руйнуючих зсувних та просадних процесів.

Зсуви різні за розмірами та стадіями активізації мають значне поширення на території України, що зумовлено в першу чергу геологічною будовою та геоморфологічними умовами. Їх кількість на даний момент складає 22936 і постійно змінюється за рахунок ліквідації існуючих чи формування нових зсувів (під дією як природних, так і техногенних факторів). Формування більшості зсувів (до 70% від загальної кількості) обумовлене наявністю льосових порід.

Більшість ускладнень, що виникають при інженерному освоєнні ґрунтових масивів середнього Придніпров'я, пов'язане зі специфічними властивостями льосових порід. Основними з них є просідання при досягненні критичної вологості, фільтраційна анізотропія, анізотропія міцнісних і деформаційних властивостей, перехід у текучий стан при повному водонасиченні. Це ускладнює прогноз поведінки льосів як при забудові, так і в природних умовах.

Структура льосових порід є однією з найважливіших характеристик і значною мірою визначає прояв тих чи інших властивостей при зволоженні. На стан структури впливає значна кількість показників, серед яких слід назвати гранулометричний, мінералогічний і хімічний склади, пористість, склад цементуючої речовини та ін.

При проектуванні протизсувних заходів та будівництві на льосових схилах проводять оцінку ступеня стійкості ґрунтових масивів за класичними методами. Для цього обчислюється коефіцієнт стійкості K_c , який характеризується відношенням моменту утримуючих сил M_{rt} до моменту зсувних сил M_s

$$K_c = \frac{\sum M_{rt}}{\sum M_s} \quad (1)$$

Всі відомі методи оцінки ступеня стійкості схилів ґрунтуються на застосуванні теорії граничної рівноваги, що розглядає граничний напружений стан ґрунтового масиву.

Для встановлення стійкості схилових масивів частіше всього використовують методи М.М. Маслова і Г.М. Шахунянца, що дають найбільш наближені до дійсних величини зсувного тиску. Також допускається застосування методів круглоциліндричної поверхні ковзання (як правило, в однорідних ґрунтах). Однак ці методи при оцінці стійкості льосових масивів не відображають повною мірою механізм зсувів.

У новітніх дослідженнях це також не досягнуто. Наприклад, Зускою А.В. була розроблена модель моніторингу динаміки зсувного льосового тіла, проте без введення складових механізму зсувоутворення. Власов С.Ф., Максимова-Гуляєва Н.О. уточнили дані про структурні особливості льосів, їх фізико-механічні параметри при різних видах техногенного впливу та виділили зсуви дніпровського типу. Однак особливості їх утворення та прогнозні критерії початку зсувів до кінця не з'ясовані.

Недосконалість методичних підходів до прогнозування геомеханічного стану льосових масивів в умовах техногенного навантаження, недостатня ефек-

тивність на практиці класичних підходів до прийняття технічних рішень визначили мету, наукову ідею дисертаційної роботи та завдання досліджень.

Методика і результати досліджень, згідно завдань роботи, полягають у наступному. Експериментально оцінювалися зміни, що відбуваються в льосах при їх насиченні та фільтрації ґрунтового потоку. Виявлено просторові закономірності зміни фільтраційних і міцнісних властивостей льосових порід у часі при заданих (натурних) значеннях геостатичного тиску за допомогою приладу тривісного стиску. Використання стабілометра TriSCAN (VJTech, Великобританія) дозволило максимально наблизити гідрогеомеханічні режими випробувань зразків порід до реальних умов стану ґрунтів.

В процесі випробувань задані напрямки фільтраційного потоку в ґрунті та положення зразка щодо потоку (паралельно та перпендикулярно нашаруванню). Вивчені зразки льосових порід четвертинного віку, відібрані на схилах балок Тунельна і Зустрічна, та вул. Сімферопольська і Яснополянська (м. Дніпропетровськ). Діапазон змін геостатичного тиску σ_r становить 100 – 300 кПа, гідравлічний градієнт 20 кПа, який контролювався тиском у зразку. Час випробування – 24 години.

При фільтрації перпендикулярно нашаруванню простежується залежність зменшення проникності зі збільшенням геостатичного тиску і незмінному значенні гідравлічного градієнта. Значення коефіцієнта фільтрації K_f при $\sigma_r = 100$ кПа змінюються від 0,008835 до 0,04325 м/доб, при $\sigma_r = 200$ кПа – від 0,0021 до 0,0253 м/доб, при $\sigma_r = 300$ кПа – від 0,0004 до 0,0023 м/доб. Найбільш інтенсивні зміни відбуваються в перші 10 годин фільтрації, після чого процес набуває згасаючого характеру. Встановлено, що при фільтрації у вертикальному напрямку ерозійні процеси не формуються.

При фільтрації паралельно нашаруванню встановлена інверсія фільтраційної анізотропії льосів у порівнянні з її природним становищем, що слід віднести до техногенних змін ґрунтових масивів. На рис. 1 наведено результати лабораторних випробувань, які показують зміну коефіцієнта фільтрації льосових порід у часі в умовах зазначеного напрямку фільтрації. В даному випадку значення K_f при $\sigma_r = 100$ кПа змінюються від 0,0082 до 0,0347 м/доб, при $\sigma_r = 200$ кПа – від 0,0054 до 0,0207 м/доб, при $\sigma_r = 300$ кПа – від 0,0038 до 0,0209 м/доб. Таким чином, значення коефіцієнта фільтрації в горизонтальному і вертикальному напрямках відрізняються до 9 разів.

При радіальному навантаженні 300 кПа і девіаторі напружень 150 ... 200 кПа у проміжку часу від 3 до 9 годин у всіх зразках спостерігається суфозія, що переходить в ерозійний розмив з випереджаючою фазою формування гідравлічно інертних порожнин. Таким чином існують дві стадії формування ерозійної вимоїни. Спочатку суфозія утворює замкнутий канал, який не виконує функцій гідравлічного провідника, а його стокова поверхня інертна.

При збільшенні радіальних навантажень до 300 кПа, які перевищують нейтральні напруження усередині порожнини, відбувається сплеск інтенсивності суфозії і порожнина з'єднується зі стоковою поверхнею зразка. Ця стадія ві-

дповідляє переходу суфозії в глибинну ерозію і формуванню зсуву течії (наприклад, ж/м “Тополя” у м. Дніпропетровськ).

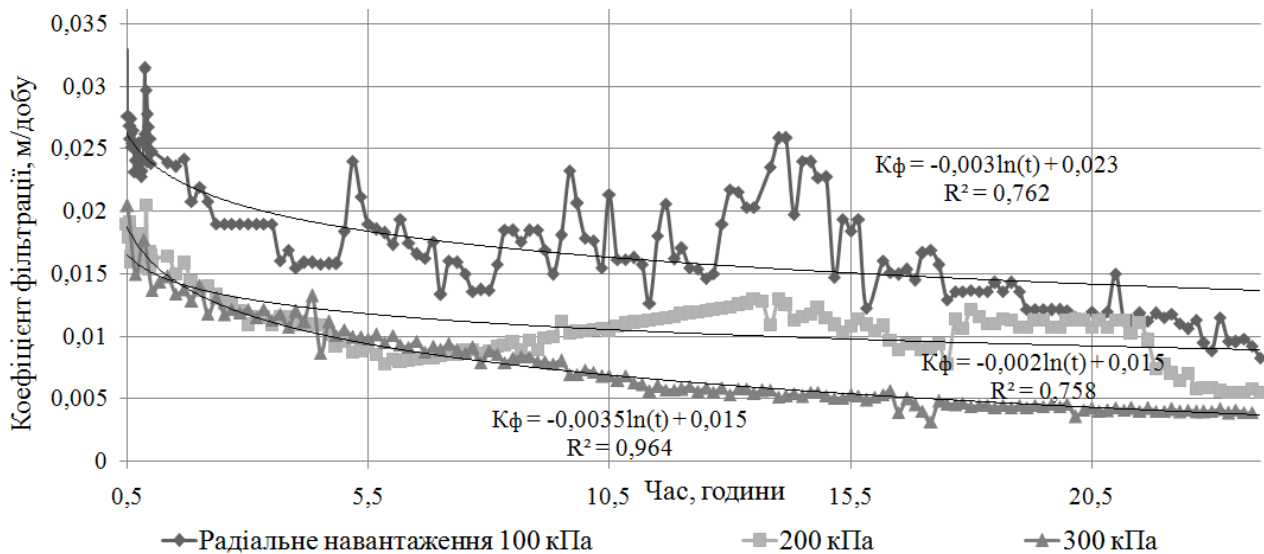


Рис. 1. Зміна коефіцієнта фільтрації льосових порід у часі при техногенній фільтрації паралельно нашаруванню

Таким чином, уперше встановлено, що анізотропія льосового масиву набуває інверсії внаслідок техногенного впливу фільтраційних і деформаційних процесів у присхилових зонах при девіаторі напружень 150...200 кПа.

Для всіх зразків, випробуваних при $\sigma_r = 300$ кПа (для одного при $\sigma_r = 250$ кПа) і девіаторі напружень 150...200 кПа, було зафіксовано утворення ерозійної вимойни, що виходить на поверхню зразка після 6...8 годин від початку фільтрації (рис. 2).

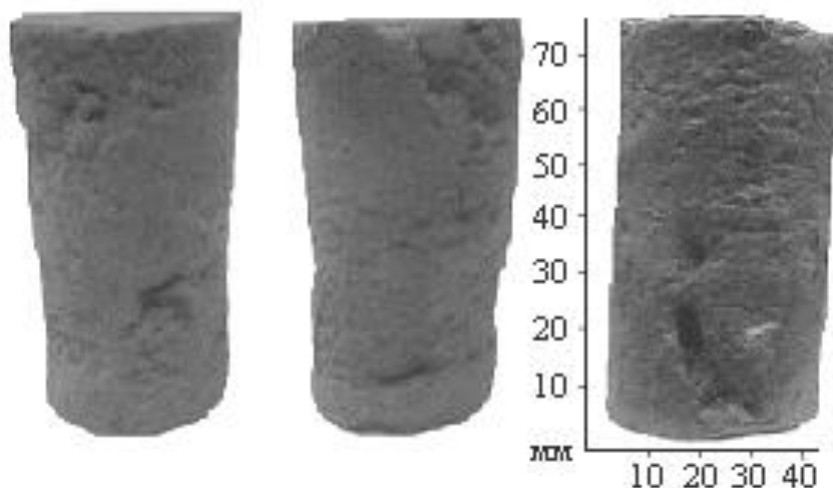


Рис. 2. Ерозійні порушення в зразках льосових порід при фільтрації паралельно нашаруванню

Загальний гранулометричний склад досліджуваної породи та винесених льосових часток наведені на рис. 3. Найбільш інтенсивний винос часток

(72% від загальної маси виносу) відбувся в період від 2,5 до 6,0 годин від початку фільтрації. Видно, що в більшості випадків цей проміжок часу співпадає з початком помітних змін значень об'ємної деформації зразка (рис. 4).

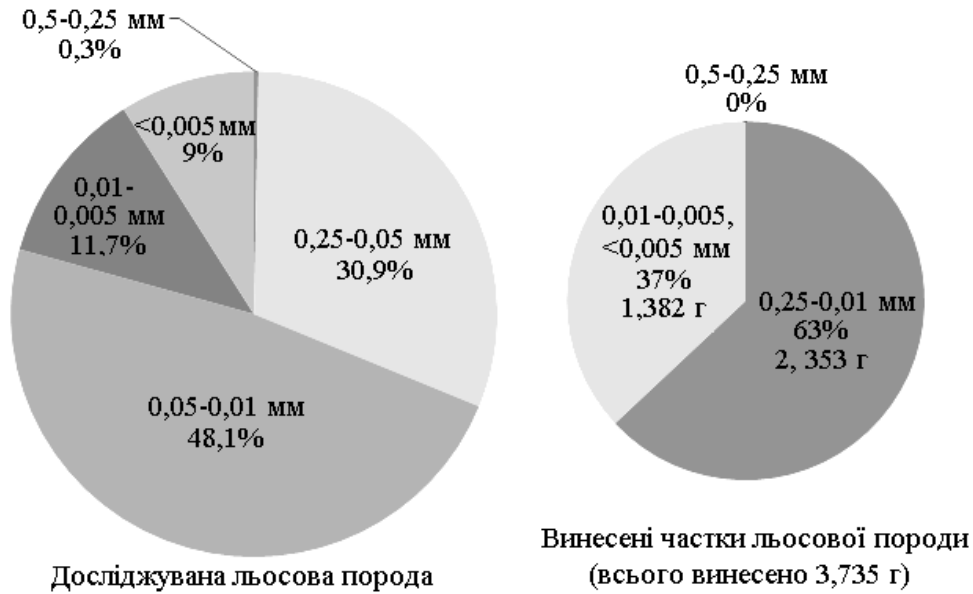


Рис. 3. Результати гранулометричного аналізу досліджуваної льосової породи в процесі суфозії

Отже, за зміною об'ємної деформації, а також кількості та періодичності виносу часток підтверджена прогнозна зона переходу процесу суфозії в першу стадію ерозійного розмиву і формування замкнутого каналу з інертною стовковою поверхнею.

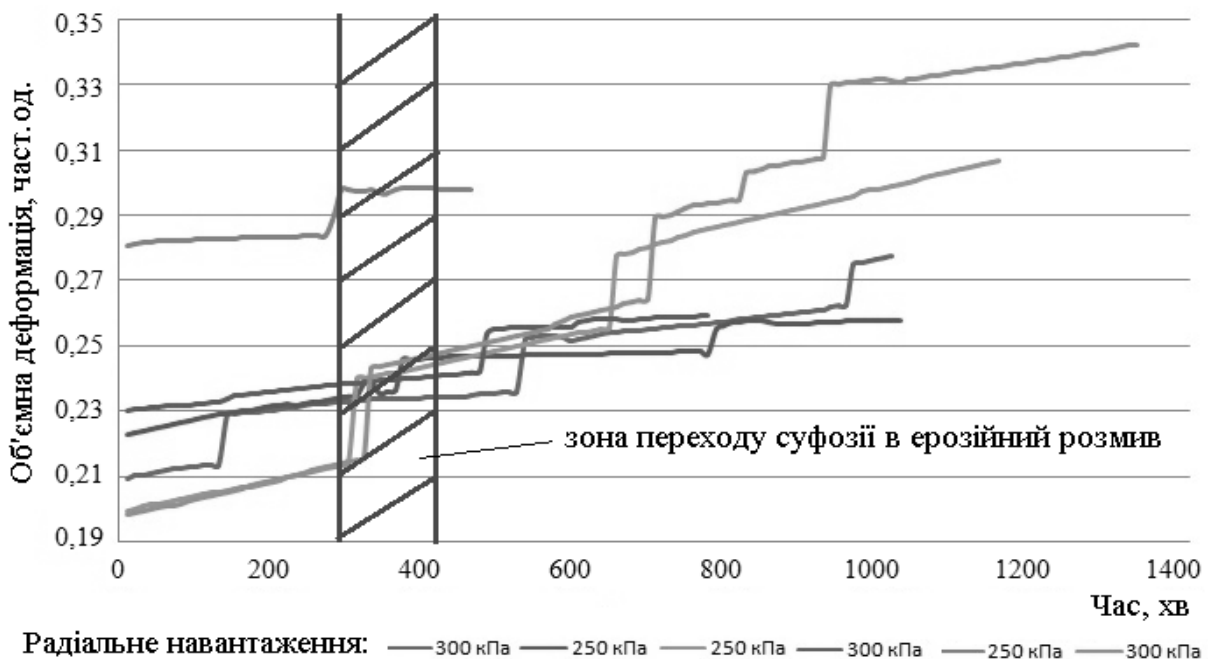


Рис. 4. Узагальнені результати випробувань льосових порід для фільтрації паралельно нашаруванню

Результати виконаних експериментів склали основу для прогнозування зсувів течії, що виникають при техногенному фільтраційному навантаженні льосових схилів.

З використанням методу математичного моделювання досліджені параметри утворення режиму підземних вод на території ж/м “Тополя” як основного фактора активізації зсувних процесів. Це дозволило кількісно оцінити механізм і ступінь впливу природної та техногенної складової у формуванні гідрогеомеханічного режиму території.

Для дослідження і прогнозування гідродинамічної обстановки на ж/м “Тополя”, а також визначення особливостей динаміки рівнів підземних вод у фільтраційному середовищі льосового масиву зі складними граничними умовами обґрунтовано використання методу математичного моделювання. В його основу покладено рішення основного диференційного рівняння балансу несталої фільтрації

$$T_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + T_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \pm W + Q_p + Q_n = \mu \frac{\partial H}{\partial t}, \quad (2)$$

де H – шукана функція напору; T_x T_y – водопровідність горизонту за координатами x та y , відповідно; W – величина інфільтраційного живлення (або витрати) підземних вод; Q_p , Q_n – відповідно витрати потоку на розвантаження і перетікання; μ – коефіцієнт пружної водовіддачі; t – час.

Скінченнорізницева апроксимація рівняння (2) характеризується величинами напору H у межах розрахункового блока в усіх вузлових точках сітки на момент часу t із кроком Δt , віднесених до фільтраційного опору Φ , та має вигляд

$$\begin{aligned} & \frac{H_{j-1,i}^t - H_{j,i}^t}{\Phi_{j-1,j}} - \frac{H_{j,i}^t - H_{j+1,i}^t}{\Phi_{j,j+1}} + \frac{H_{j,i-1}^t - H_{j,i}^t}{\Phi_{i-1,i}} - \frac{H_{j,i}^t - H_{j,i+1}^t}{\Phi_{i,i+1}} \pm W_{j,i} \Delta x_j \Delta y_i = \\ & = \mu_{j,i} \Delta x_j \Delta y_i \frac{H_{j,i}^t - H_{j,i}^{t-\Delta t}}{\Delta t}. \end{aligned} \quad (3)$$

Модельована ділянка (житловий масив “Тополя-2”) площею 2,36 км² апроксимована сіткою з кроком 20 м, у вертикальному розрізі представлена двошаровою водоносною товщею четвертинних та неогенових відкладень. На зовнішньому контурі моделі зона живлення по лінії вододілу і природні дрени в балках відображені граничною умовою I-го роду ($H = \text{const}$), по лініях току задано граничну умову II-го роду з нульовою витратою ($Q = 0$), а на ділянках притоку підземних вод з боку суміжних територій $Q = \text{const}$.

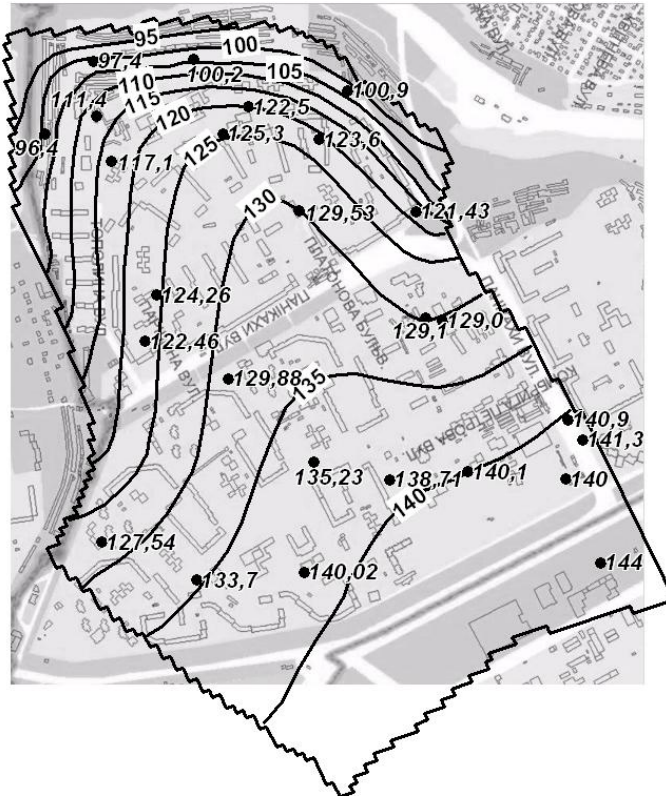


Рис. 5. Карта рівневої поверхні четвертинного водоносного горизонту на 1997 р.: модельні ізолінії (чорний колір) та фактичне положення рівней в свердловинах (абс. відм., м)

Ідентифікація математичної моделі і об'єкта досліджень здійснювалася в два етапи, де на першому встановлювалася їх фізична відповідність, а на другому – динамічна.

Відтворення на моделі рівневої поверхні та балансу підземних вод у стаціонарній постановці на період до забудови житлових масивів та у період зсуву близьке до фактичного, зафіксованого інженерно-геологічними дослідженнями (рис. 5).

Рішення варіантного ряду не-стаціонарних обернених задач дозволило сформуванню повну ретроспективну картину динаміки формування режиму підземних вод (з 1973 р.).

Тісний кореляційний зв'язок між даними режимних спостережень і положенням рівня на моделі свідчать про адекватність реакції моделі на зміни в геологічному середовищі (на прикладі періоду 1989-1991 рр. – рис. 6).

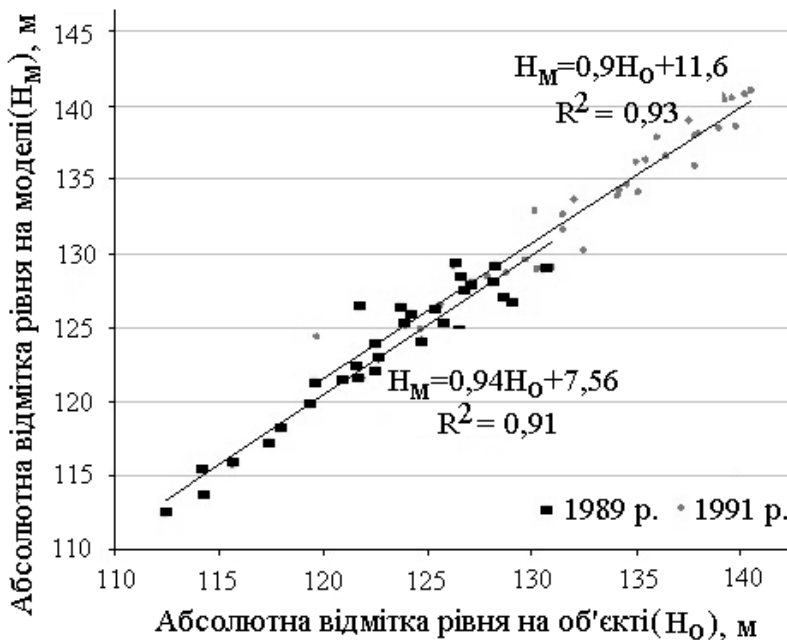


Рис. 6. Відповідність моделі і об'єкта досліджень за положенням рівнів ґрунтових вод у 1989 і 1991 рр.

Зафіксована моделюванням інверсія режиму підземних вод (зниження рівня) четвертинного водоносного горизонту в період з 1997 по 2012 рр. є реакцією масиву на формування зниженого базису дренажу зсувної зони житлового масиву “Тополя-1” і наступні інженерні заходи. Зниження рівня ґрунтових вод на 3,0...9,0 м зафіксовано фактичними даними і підтверджене результатами моделювання. При цьому прибуткова складова водного балансу за рахунок інфільтраційного

живлення зменшилась на 40%.

Поле природнього інфільтраційного живлення виділене з урахуванням глибини залягання рівня ґрунтових вод і рельєфу місцевості.

Моделюванням встановлена величина техногенного живлення в балансі водоносного горизонту четвертинних відкладень в зсувний період – 335,7 м³/добу, що майже втричі більше природнього (120,5 м³/добу). З цього випливає, що основним чинником формування рівневої поверхні ґрунтових вод у часі є складова інфільтраційного живлення, яка майже на 75% визначається величиною техногенної інфільтрації.

Прогнозні розрахунки свідчать про стабілізацію положення рівневої поверхні підземних вод як у короткостроковому, так і довгостроковому періоді. Однак без проведення спеціальних профілактичних заходів і заходів з експлуатації підземних мереж інфільтраційне живлення збільшується. Варіант прогнозних рішень, що передбачає зростання величини інфільтраційного живлення на 70% у найближчі 10 років, призводить до підвищення рівня підземних вод на 2,1...2,6 м.

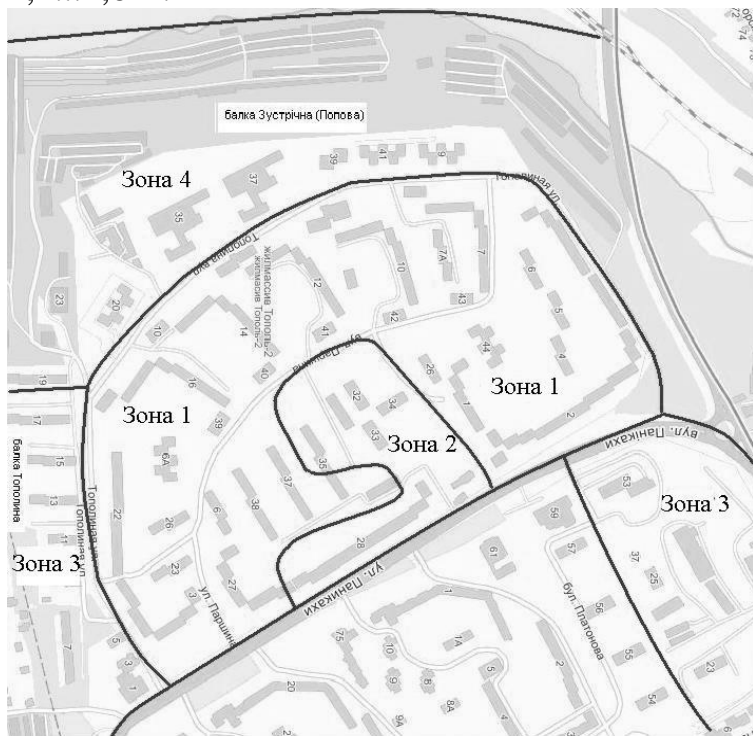


Рис. 7. Зони за умовами гідрогеомеханічної стійкості (ж/м “Тополя”, м. Дніпропетровськ)

На підставі натурного обстеження і результатів моделювання фільтрації підземних вод територія розділена на зони проявів та активізації негативних інженерно-геологічних процесів (рис. 7). Найбільш небезпечною за можливістю розвитку процесу суфозії, переходу її в глибинну ерозію і формування зсуву течії є площа ґрунтового схилу з максимальними градієнтами фільтрації в четвертинному водоносному горизонті (зона 4). До цієї ж зони відносяться поверхні забудованих схилів з воронковидними і рівчакowymi формами техногенного рельєфу та замуленим базисом дренажу в руслах балок.

З урахуванням отриманих результатів модель доповнена геотехнічними складовими формування зсуву течії, що полягали в обґрунтуванні енергетичних складових стійкості льосового масиву.

Вибраний підхід до оцінки стійкості льосових схилів враховує стан структурних зв'язків у льосових ґрунтах. Кількісно це оцінюється енергією зв'язків та її співставленням з роботою, яка повинна здійснитися при зсуві. Енергія, яка може реалізуватися у вигляді роботи в зсувному процесі, представляється у вигляді підсумовування енергій: недоуцільнення льосів у період їх геологічного

утворення, положення льосових шарів у полі гравітації, тиску на кожен шар вищерозташованих ґрунтів.

У результаті впливу гравітаційного поля на літогенез дисперсних відкладень відбувається їх ущільнення (зменшення пористості) залежно від їх маси і маси накопичених відкладень, що розташовані вище. Цей процес супроводжується дисипацією механічної потенційної енергії.

Зміна сумарної потенційної енергії часток ґрунту при їх переміщенні на величину dl становить (Крігер М.І., 1965)

$$\Delta U = gS \int_0^{h-H} m dl, \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння; m – маса одиниці об'єму часток; S – площа горизонтального перерізу ґрунтового масиву, для якого розглядається зміна енергії; H – потужність шару; l – довжина шляху переміщення часток, що залежить від глибини, структури (пористості) породи і міцності структурних зв'язків; h – висота стовпа породи, для якого проводиться підрахунок енергії ΔU .

Рівняння (4) зручно використовувати у вигляді

$$\Delta U = \int_0^H P(h) dl, \quad (5)$$

де $P(h)$ – вага стовпа ґрунту з основою S на глибині h .

Для нескінченно малих величин переміщення часток ґрунту при висоті стовпа породи dh можна прийняти, що $dl = \delta dh$, де δ – коефіцієнт пропорційності. Видно, що δ являє собою відносне просідання льосу при природньому тиску. Таким чином, у простому випадку для одного шару зі щільністю γ

$$\Delta U = \frac{gS\gamma\delta H^2}{2}. \quad (6)$$

Потенційна енергія недоущільнення для будь-якого шару льосу з глибинами підшви H_1 та покрівлі H_2

$$\Delta U = \frac{g\gamma S\delta(H_1^2 - H_2^2)}{2}. \quad (7)$$

Крім енергії недоущільнення льосових шарів схилу, яка обмежена взаємним положенням часток ґрунту, потенційний енергетичний ресурс часток обу-

мовлений положенням базису можливого переміщення зсувного тіла за вертикальною віссю внаслідок сил тяжіння

$$\Delta U = gS \int_0^{h-H} mdl, \quad (8)$$

де H – відстань від шару до ерозійного врізу схилу в рельєфі.

Третя складова потенційної енергії масиву обумовлена силами реакції в шарі льосу на вплив сил тяжіння n -ї кількості верхніх шарів, тобто

$$\Delta U_p = gSh \sum_{i=1}^n \gamma_i \frac{H_i}{2}. \quad (9)$$

Таким чином, реальний підхід до оцінки стійкості льосового схилу полягає в чисельному зіставленні скінченно-елементних перетинів з розрахованими складовими енергій недоуцільнення, положення, тиску й енергії зв'язків. Врахування останніх, як було зазначено, проблематично. У зв'язку з цим, за реальну передумову прийнято наявність щільної кореляції показників енергії внутрішніх зв'язків у льосі та показників його фізико-механічних властивостей – щільності, модуля загальної деформації, питомого зчеплення, кута внутрішнього тертя, коефіцієнта Пуассона і коефіцієнта консолідації.

Енергія деформування для кінцевого елемента моделі

$$\Delta U_i = E \Delta S_i b, \quad (10)$$

де E – модуль деформації ґрунту; ΔS_i – зміна площі перетину кінцевого елемента; b – його одинична товщина.

Це дозволило обґрунтувати нове поняття – потенціал активації схилу у напівемпіричному тлумаченні, як суми градієнтів повної енергії та градієнтів деформацій кінцевих (або нескінченно малих) елементів льосового масиву

$$\Pi_a = grad \varepsilon + grad U_p. \quad (11)$$

Прийнята у фізиці інтерпретація поля потенціалів (у нашому випадку потенціалів активації) дозволяє за нормаллями виділити прогнозні зони деформацій у тілі зсуву з кількісною характеристикою за величиною потенціалів активації.

Проведене моделювання зсувного схилу на ж/м “Тополя” з урахуванням отриманих вище результатів, а також натурних даних і спостережень підтверджує явище глибинної ерозії, що призвело до зсуву течії в 1997 році (рис. 8).

Дана методика апробована також на об'єктах в б. Тунельній та вул. Сімферопольській (м. Дніпропетровськ). Остання модель відображає стан масиву після виникнення області техногенного зволоження льосових порід. Моделювання проведено з урахуванням виділених трьох зон зволоження схилу. Значення потенціалу активації в цих зонах змінюється у межах 0,07...0,08. Порівняння з даними моделювання, отриманими при зсуві на ж/м “Тополя”, де поте-

нціал активації в стадії зсувного процесу склав близько 0,08...0,09, дозволяє виділити ці значення як величини критичного діапазону.

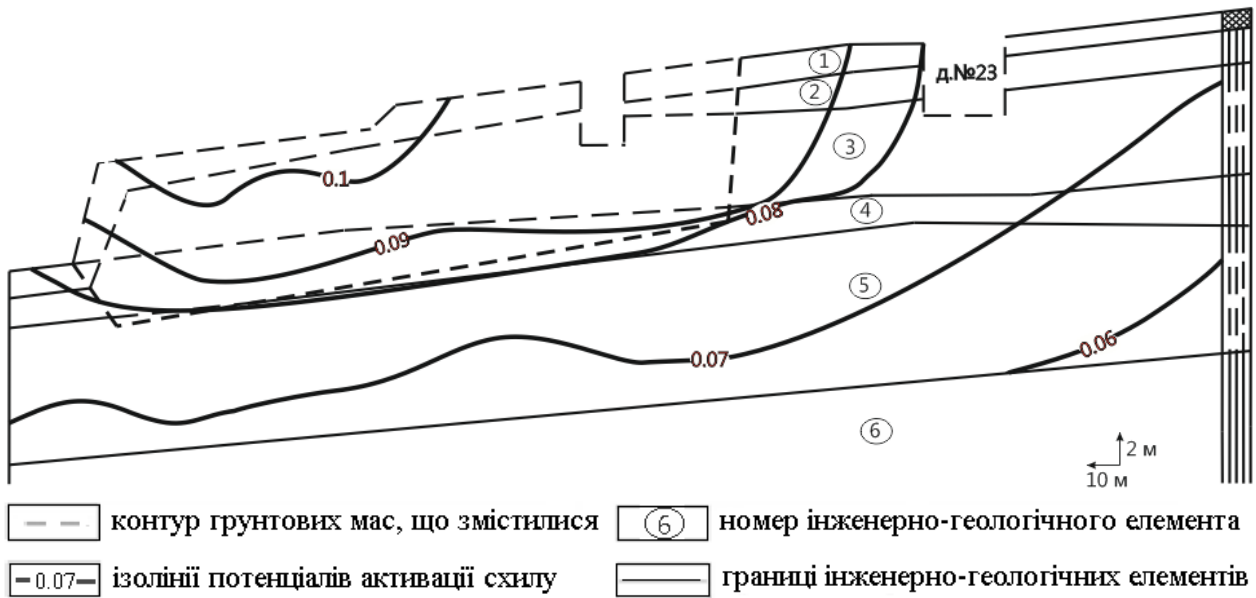


Рис. 8. Результати моделювання зсувного схилу на ж/м “Тополя”

За результатами проведених досліджень обґрунтовано заходи щодо попередження та ліквідації негативних інженерно-геологічних явищ на ж/м “Тополя” та вул. Сімферопольській (м. Дніпропетровськ).

Ж/м “Тополя”: проведення інженерно-технічного моніторингу з періодичністю обстеження двічі на рік, що містить оцінку стану поверхневого стоку, зливової мережі, наявності штучних водозбірних воронок та ярів у рельєфі і даних щодо появи суфозійних конусів виносу, а також інтенсифікації деформацій будівель різного призначення; припинення будь-яких будівельних та земляних робіт, які уповільнюють поверхневий стік і розвантаження ґрунтових і поверхневих вод у тальвеги балок, формують водозбірні воронки і яри; інженерно-технічний контроль та підтримка геотехнічного стану гаражних будівель; складання і реалізація проекту ремонту (або реконструкції) водокомунікаційних мереж з ліквідацією штучних водопоглинаючих воронок і ярів у напрямку від зони дренажу до вододілу.

Вул. Сімферопольська (буд. № 11): заміна магістрального трубопроводу; дослідна цементация; зміцнення ґрунтової основи способом високонапірної цементации з поінтервальною схемою в напрямку зверху-вниз; моніторинг деформацій житлових секцій і конструкцій паркінгу.

Відвернений збиток від подальшого розвитку деформацій по вул. Сімферопольській оцінюється сумою в 2,5 млн грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на підставі вперше встановлених закономірностей змін гідрогеомеханічних властивостей присхилових льосових масивів з виділенням критичної фази фільтраційної ін-

версії та формування глибинної ерозії вирішена актуальна науково-практична задача прогнозування і забезпечення стійкості льосів, що враховує їх генезис та енергетичні характеристики.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Встановлено, що недосконалість методичних підходів прогнозування геомеханічного стану льосових масивів в умовах техногенного навантаження та недостатня ефективність використання на практиці класичних підходів до прийняття технічних рішень є наслідком неповних уявлень про гідрогеомеханічні зміни у ґрунті.

2. Експериментально обґрунтовані закономірності ослаблення структурної стійкості льосових порід. Вперше встановлено, що анізотропія льосового масиву набуває інверсії внаслідок техногенного впливу фільтраційних і деформаційних процесів у присхилових областях при девіаторі напружень 150...200 кПа, що призводить до активізації процесів глибинної ерозії в льосових породах і зумовлює зсуви течії, при цьому значення коефіцієнта фільтрації в горизонтальному і вертикальному напрямках відрізняються до 9 разів.

3. Отримані середні значення маси виносу часток, а також їх гранулометричний склад для Придніпровського льосового суглинку з виділенням прогнозної зони переходу суфозії в першу стадію розмиву і глибинної ерозії з інтервалом девіатора напружень 150...200 кПа та гідравлічним градієнтом 20 кПа.

4. Обґрунтована математична модель фільтраційних процесів техногенно навантаженого льосового масиву площі ж/м “Тополя” скінченнорізницевою схемою. Рішення варіантного ряду нестационарних обернених задач дозволило сформувати повну ретроспективну картину динаміки формування рівневого режиму підземних вод і встановити, що техногенна інфільтрація майже втричі перевищує природну та є основним фактором зсувонебезпечності.

5. Обґрунтовано методику оцінки стійкості льосових схилів, що базується на врахуванні енергетичних і гідродинамічних параметрів, яка адаптована для розв’язання задач стійкості льосів у техногенно порушеному масиві. Вперше встановлено, що основним параметром, який визначає зсувонебезпечність льосового масиву, є потенціал активації схилу у вигляді суми градієнтів повної енергії та градієнтів деформацій. Потенціал активації в стадії активізації зсувного процесу знаходиться в діапазоні 0,08...0,09 і є критичним.

6. Вирішені практичні завдання оцінки стійкості льосових порід на ж/м “Тополя”, б. Тунельній та вул. Сімферопольській. За результатами аналізу енергетичних і фільтраційних властивостей техногенно навантаженого льосового масиву визначено інтервали глибин і геологічні шари, що характеризуються найбільш інтенсивним розвитком деформаційних і суфозійних процесів.

8. Результати рішення прогнозних гідродинамічних задач, оснований на досліджених закономірностях формування зсувних процесів із запропонованою оцінкою стійкості масиву, що враховують енергетичні параметри, склали основу для прийняття технічних рішень з ліквідації існуючих деформаційних процесів. Розроблені рекомендації з інженерного захисту забудованих територій.

Відвернений збиток від подальшого розвитку деформацій по вул. Сімферопольській (м. Дніпропетровськ) оцінюється сумою в 2,5 млн грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Деревягина Н.И. О потенциале активации оползневого лессового массива / И.А. Садовенко, Н.И. Деревягина // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 2. – С. 80–84. (внесений до наукометричної бази SCOPUS)
2. Деревягина Н.И. Экспериментальные исследования суффозионных и эрозионных деформаций лессовых пород / И.А. Садовенко, Н.И. Деревягина // Вісник Кременчуцького нац. ун-ту імені Михайла Остроградського. – 2013. – № 4 (81). – С. 126–131. (внесений до наукометричної бази Index Copernikus)
3. Деревягина Н.И. Исследование механизма формирования эрозионных деформаций лессовых пород / И.А. Садовенко, Н.И. Деревягина // Наукові праці УКРНДМІ НАН України. – 2013. – Вип. 13 (Част. I). – С. 339–345.
4. Деревягина Н.И. Оценка факторов устойчивости техногенно нагруженных лессовых склонов / И.А. Садовенко, Е.О. Подвигина, А.Н. Загриценко, Н.И. Деревягина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., 2014. – № 3. – С. 37–43. (іноземне видання)
5. Derevyagina N. Phenomena of filtration inversion and depth erosion of technogenic loaded loess slopes / I. Sadovenko, N. Derevyagina // Вісник Кременчуцького нац. ун-ту імені Михайла Остроградського. – 2014. – № 1 (84). – С. 150–153. (внесений до наукометричної бази Index Copernikus)
6. Derevyagina N.I. Dynamics of loess mass deformation due to technogenic load / I.A. Sadovenko, N.I. Derevyagina, E.O. Podvigina, A.N. Zagricenko // Збірник наукових праць НГУ. – 2014. – № 45. – С. 76–81.
7. Derevyagina N.I. Laboratory studies of loess soil mechanical properties / N.I., Derevyagina. // Наука і техніка: перспективи ХХІ століття: міжвуз. наук. – практич. конф. молодих вчених, м. Дніпропетровськ, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, 2010. – С. 11–13.
8. Derevyagina N. Laboratory Study of Loess Soil Properties Affecting Building Stability / N., Derevyagina // Widening Our Horizons: The 5th International Forum for Students and Young Researchers, April 22–23, 2010: Abstracts. – Dnipropetrovs'k, 2010, P. 53–54.
9. Деревягина Н. Исследование влияния физического состояния лессовых грунтов на их механические свойства в условиях объемно-напряженного состояния / Н. Деревягина // Географія, геоecологія, геологія: досвід наукових досліджень: VII міжнар. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 11–14 травня 2010 р. – Дніпропетровськ, 2010. – вип. 7. – С. 72–74.
10. N. Derevyagina. Evaluation of the instability of loess massive formation on the basis of energy approach / N., Derevyagina // Widening Our Horizons: The 6th International Forum for Students and Young Researchers, April 14–15, 2011: Abstracts. – Dnipropetrovs'k, 2011, P. 35–36.
11. Деревягина Н.И. О синтезе энергетической и механической моделей оценки оползневых лессовых массивов / Н.И. Деревягина, И.А. Садовенко // Проблемы недропользования: сб. науч. тр. междунар. форума-конкурса молодых ученых, г. Санкт-Петербург, 25–27 апреля 2012 г. — СПб., 2012. – Ч. 1. – С. 124–127.

12. N. Derevyagina. The Loess Landslide Massif Energy / N., Derevyagina // 3rd Students International Geological Conference, Lviv, April 27–30, 2012. – Lviv, 2012. – Pp. 17.

13. Дерев'ягіна Н.І. Моделювання стійкості льосових масивів з визначенням потенціалу активації схилів / І.О. Садовенко, Н.І. Дерев'ягіна // Наукова весна – 2013: IV всеукр. наук.–техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 29 березня 2013 р. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 197–198.

14. Дерев'ягіна Н.И. Динамика свойств и деформаций лессовых пород под воздействием техногенной фильтрации / И.А. Садовенко, Н.И. Дерев'ягіна // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по материалам XVI междунар. науч.–практ. конф., г. Новосибирск, 2014. – №3 (15). – С. 201–207.

15. Derevyagina N. On suffusion and erosion deformations of loess soils / I., Sadovenko, N., Derevyagina // Наукова весна – 2014: V всеукраїнська наук. – техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 26–27 березня 2014 р. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 206–207.

16. Derevyagina N. Depth erosion of technogenic loaded loess slopes / I., Sadovenko, N., Derevyagina // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2014: сб. научн. тр. международной конференции, г. Днепропетровск, 27–28 марта 2014 г. – Днепропетровск, 2014. – С. 90–94.

17. Дерев'ягіна Н.И. Динамика деформаций лессовых пород техногенно нагруженного присклонового массива / Дерев'ягіна Н.И, Садовенко И.А. // Проблемы недропользования: сб. науч. тр. междунар. форума-конкурса молодых ученых, г. Санкт-Петербург, 22–24 апреля 2015 г. — СПб., 2015. – С. 28–30.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві:

[1, 2, 10] – постановка задач досліджень та аналітичні розрахунки, [2, 3, 7 – 9, 14 – 16] – обґрунтування та реалізація експериментальних досліджень, [1, 4 – 6, 11 – 13] – обґрунтування та розробка моделей, рішення прямих і обернених задач, [1 – 3, 6, 17] – аналіз результатів розрахунків, висновки та рекомендації.

АНОТАЦІЯ

Дерев'ягіна Н.І. Обґрунтування параметрів гідрогеомеханічної стійкості льосових масивів з урахуванням їх генезису і енергетичних характеристик. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнична механіка. – Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет” МОН України, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню параметрів стійкості льосових масивів з урахуванням їх генезису, енергетичних та гідродинамічних

характеристик ґрунтового схилу на основі закономірностей змін деформаційних і міцнісних властивостей льосів за різних умов навантаження та протікання фільтраційних процесів.

З використанням обґрунтованої експериментальної методики вперше встановлено явище інверсії фільтраційної анізотропії льосів у порівнянні з їх природним станом. Доведено, що внаслідок цього виникають процеси глибинної ерозії. За результатами моделювання фільтраційних процесів льосового масиву в до- та після зсувний період на території ж/м “Тополя” отримані кількісні показники зміни гідродинамічного режиму підземних вод під впливом техногенного навантаження і виділені потенційно небезпечні зони формування зсувів у масиві. Обґрунтована методика оцінки стійкості, що базується на врахуванні енергетичних і гідродинамічних параметрів, адаптована для розв’язання задач стійкості льосових порід у техногенно порушеному масиві. Вперше обґрунтовані параметри потенціалу активації льосового масиву та його кількісні діапазони, що дозволяють прогнозувати різні фази зсувних процесів. Розроблено рекомендації з інженерного захисту забудованих територій.

Ключові слова: математичне моделювання, генезис, гідродинамічний режим, гідрогеомеханічна стійкість, льосовий схил, коефіцієнт фільтрації, анізотропія, енергетичні показники.

АННОТАЦІЯ

Деревягина Н.И. Обоснование параметров гидрогеомеханической устойчивости лессовых массивов с учетом их генезиса и энергетических характеристик. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – геотехническая и горная механика. – Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, МОН Украины, Днепропетровск, 2015.

Диссертационная работа посвящена обоснованию параметров устойчивости лессовых массивов с учетом их генезиса, энергетических и гидродинамических характеристик ґрунтового склона на основании установленных закономерностей изменений деформационных и прочностных свойств присклоновых лессовых массивов при различных условиях нагружения.

Экспериментально обоснованы закономерности ослабления структурной устойчивости лессовых пород. Установлено, что анизотропия лессового массива подвергается инверсии вследствие техногенного влияния фильтрационных и деформационных процессов в присклоновых областях при девиаторе напряжений 150 – 200 кПа, что приводит к активизации процессов глубинной эрозии в лессовых породах и провоцирует оползни течения, при этом значения коэффициента фильтрации в горизонтальном и вертикальном направлениях отличаются до 9 раз. Получены средние значения массы выноса частиц, а также их гра-

нулометрический состав для Приднепровского лессового суглинка, выделена прогнозная зона перехода суффозии в первую стадию размыва и глубинную эрозию.

Разработана и адаптирована численная гидродинамическая модель техногенно нагруженного лессового массива территории ж/м “Тополь” на основе конечно-разностной схемы. Решением вариантного ряда нестационарных обратных задач сформирована полная ретроспективная картина динамики формирования уровня режима подземных вод, что позволило установить основные факторы его формирования. Определены наиболее опасные зоны развития негативных инженерно-геологических процессов.

Основным параметром, определяющим оползнеопасность лессового массива, является потенциал активации склона, который в стадии активизации оползневого процесса находится в диапазоне 0,08...0,09 и является критическим.

Обоснована методика оценки устойчивости, базирующаяся на учете энергетических и гидродинамических параметров и адаптированная для решения задач устойчивости лессовых пород в техногенно нарушенном массиве. Показана целесообразность применения данной методики моделирования как наиболее достоверно отражающей механизм процесса оползнеобразования в лессовых массивах. Выполнены решения практических задач оценки устойчивости лессовых пород, в частности по ж/м “Тополь” и ул. Симферопольской (г. Днепропетровск).

Результаты решения прогнозных гидродинамических задач, которые учитывают закономерности формирования оползневых процессов, в синтезе с предложенной методикой оценки устойчивости массива, с учетом энергетических параметров, являются основой для принятия технических решений по ликвидации существующих деформационных процессов. Разработаны рекомендации по инженерной защите застроенных территорий.

Ключевые слова: математическое моделирование, генезис, гидродинамический режим, гидрогеомеханическая устойчивость, лессовый склон, коэффициент фильтрации, анизотропия, энергетические показатели.

ABSTRACT

Derevyagina N.I. Evaluation of parameters of hydrogeomechanical stability for loessial slopes taking into account for their genesis and energy characteristics – Manuscript.

Thesis for Candidate’s degree with a specialization in 05.15.09 - “Geotechnical and mining mechanics”. – State higher educational establishment “National Mining University”, Dnipropetrovsk, 2015.

The thesis concerns substantiation of loess mass stability parameters involving their genesis, and energy and hydrodynamic characteristics of earth slopes on the ba-

sis of mechanism of changes in deformational and strength properties of loess in the context of various load-carrying capacities and behavior of filtration processes.

Substantiated experimental technique has been applied for the first determination of phenomenon of loess filtration anisotropy inversion compared with its nature. It has been proved that processes of depth erosion result from it. Simulation of pre- and after earth flow filtration processes of loess masses within a territory of residential district "Topolia" has made it possible to obtain quantitative characteristics of changes in hydrodynamic behaviour of ground waters under the effect of technogenic factors; potentially dangerous zones of earth flows within the mass have been identified. A technique to evaluate strength using consideration of energy and hydrodynamic characteristics has been substantiated; it has also been adapted to solve problems of loess rock stability within industrially disturbed mass. Parameters of loess mass potential activation as well as its qualitative range have been substantiated for the first time making it possible to forecast various phases of earth flow processes. Recommendations concerning engineer protection of built-up areas have been elaborated.

Key words: mathematical modeling, genesis, hydrodynamic behaviour, hydrogeomechanical stability, loessial slope, filtration coefficient, anisotropy, energy characteristics.

Дервягіна Наталія Іванівна

**Обґрунтування параметрів гідрогеомеханічної стійкості льосових масивів
з урахуванням їх генезису і енергетичних характеристик**

(Автореферат)

**Підп. до друку 22.08.15. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. №**

**Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.**