

УДК 624.131

## **ПРОСТОРОВА ДИСКРЕТНІСТЬ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА І ДЕФОРМАЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ДРЕНАЖНИХ СПОРУД м. ОДЕСА**

*Черкез Є. А., Козлова Т. В., Пронін В. К., Пронін К. К.  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна*

**Вступ.** Традиційно вважається, що головними чинниками аварій і деформацій інженерних споруд є сучасні екзогенні процеси (просідання порід, зсувні і карстові явища і таке інше). У цьому переліку, як правило, відсутній чинник тектонічної високочастотної дискретності геологічного середовища. Між тим, дослідження останніх десятиліть показали, що в Одеському регіоні (північно-західне узбережжя Чорного моря) досить виразно проявляється тектонічна розблокованість масивів порід [1 - 8]. Спектр характерних розмірів блоків має лінійчатий вигляд. При цьому важливо підкреслити, що розміри найбільш дрібних «блоків» наближені до розмірів будівель і споруд. Цей факт зумовлює не-

обхідність внесення істотних коректив як в методики інженерно-геологічних досліджень, так і в практику проектування і будівництва споруд. Очевидно, що високочастотна тектонічна дискретність не може не позначатися на особливостях напруженого стану масивів порід, особливостях і характері просторового розподілу і динаміки інженерно-геологічних процесів, формуванні структури потоків підземних вод і їх режиму і багатьох інших параметрах природно-техногенних систем.

В якості інструменту для виявлення і вивчення високочастотної тектонічної розблокованості доцільно використовувати лінійні споруди відносно великий протяжності [2]. На території м. Одеса таким інструментом є підземні дренажні споруди протизсувного комплексу, будівництво першої черги якого було розпочате в 1964 році. Протизсувні заходи Одеського узбережжя передбачали усунення негативного впливу основних зсувних чинників і включали: ліквідацію розмиву берегового уступу внаслідок морської абразії і створення штучних пляжів; зрізання і планування схилів; (перехоплення і відведення в море підземних вод четвертинного і понтичного водоносних горизонтів; регулювання поверхневого стоку.

Дренажні споруди включають три основні елементи. 1 – лінійний ряд із 143 дренажних свердловин протяжністю біля 3300 м, які розташованих на відстані 20-35 м одна від одної. Вони призначені для зниження рівня четвертинного водоносного горизонту і скидання води в дренажну галерею. 2 – дренажну галерею досконалого типу, протяжністю 5200 м на ділянці першої черги протизсувних споруд і 5700 м на ділянці другої, яка пройдена в масиві корінних породах на контакті меотичних глин і понтичних вапняків і орієнтована паралельно береговій лінії. Галерея розташована на відстані 100-200 м від зсувного схилу і призначена для перехоплення понтичного водоносного горизонту. 3 – водовідвідні штольні, які орієнтовані по нормалі до берегової лінії і з'єднуються з галереєю в корінному масиві. Відстань між штольнями складає приблизно 1 км. Вони призначені для скидання в морі дренажних вод двох водоносних горизонтів. Штольні обладнані реперною геодезичною мережею.

Для оцінки інженерно-геологічної і технічної ефективності комплексу і окремих його елементів Одеським Управлінням інженерного захисту територій виконуються наступні види спостережень: виміри дебітів дренажних свердловин, водовідвідних штольних, припливів понтичного водоносного горизонту в дренажну галерею, геодезичні спостереження в штольнях (нівелювання реперів, виміри подовжніх деформацій штольних по ділянках між реперами) і за гідротехнічними спорудами, динаміки штучних пляжів та інше. Значна частина даних, отриманих в результаті перелічених вище спостережень, може бути достатньо ефективно використана для вирішення не лише прикладних, але і науководослідних завдань, які пов'язані з вивченням просторової мінливості гідрогеологічних, геодеформаційних, геофізичних і інших параметрів геологічного середовища. Зокрема, за даними вищевказаних спостережень виділяється п'ять за розміром ієрархічних рівнів дискретності геологічного середовища: 50-60 м, 100-200 м, 400-600 м, 800-1200 м і біля 2400 м [2, 3, 5, 6, 7]. Разом з тим, достовірне виділення більш дрібного за розміром ієрархічного рівня дискретності

масиву, як найбільш важливого для будівництва, обмежено мінімальною відстанню між пунктами спостережень (дренажні свердловини, геодезичні репери в штольнях), яка частіше за все складає 25-40 м. Вочевидь, що для виявлення більш дрібного ієрархічного рівня дискретності масиву, який відповідає як вимогам нормативів вишукувань, так і умові не перевищення лінійних розмірів споруд (довжина і ширина), необхідні додаткові спостереження з просторовим шагом вимірів, який би надійно забезпечував виділення ієрархічного рівня дискретності масиву в перші десятки метрів.

**Ціль** роботи полягає в виявленні тектонічної високочастотної дискретності геологічного середовища за результатами інструментальних вимірів деформацій підземних дренажних спорудах Одеського узбережжя.

**Методи досліджень.** В якості інструменту для виявлення і вивчення високочастотної тектонічною розблокованості використовувалась водовідвідна штольня №1, яка входить до складу протизсувних споруд Одеського узбережжя. Штольня довжиною 440 м пройдена в корінному масиві порід (207 м) і в зсувних накопиченнях (233 м). Інструментальними методами були виконані такі види вимірів деформацій і переміщень конструктивних елементів споруди, накопичених за період її експлуатації (1964 – 2018 роки):

- нівелювання лотка штольні з кроком 3-5 м лазерним автоматичним тахеометром SOCIA з точністю  $\pm 1,0$  мм. Зміни відміток лотка штольні визначалися по відношенню до точки біля входу;

- виміри діаметру штольні у вертикальному і горизонтальному напрямках. Переріз штольні круглий, в період будівництва за технологічними умовами виробництва робіт по внутрішньому перерізу складав 2,2 м. Облицювання зроблене із стандартних залізобетонних тюбінгів, шириною 0,75 м, укладених в кільце (по 4 тюбінги). Зчленування усіх тюбінгів знаходяться на вертикальній і горизонтальній осях (тобто в покрівлі, на дні і по центрах бічних стінок). Виміри діаметрів було виконано лазерним далекоміром Leica Disto A3 з точністю  $\pm 2,0$  мм по 513 кільцям тюбінгів з кроком вздовж штольні 0,75 м;

- виміри азимуту простягання бічних стінок 513 кілець тюбінгів з кроком вздовж штольні 0,75 м гірничим компасом з точністю  $\pm 1$  град з урахуванням поправки на магнітне схилення.

Методика обробки даних вимірювання деформацій і переміщень конструктивних елементів штольні включала перетворення початкового ряду даних нівелювання в еквідистантний з кроком рівним 0,75 м, що відповідає відстані між вимірами вертикального і горизонтального діаметрів кілець тюбінгів і азимутів простягання їх бічних стінок. Після цього розраховувалися градієнти змін висотних відміток між суміжними точками (ухил) вздовж штольні. За допомогою ковзного осереднення з вікном 30 м виявлялися трендова компонента і залишковий ряд розрахункових параметрів (ухил лотка штольні, відхилення вертикального і горизонтального діаметрів кілець тюбінгів від стандартного, лінійно-кутових переміщень кілець тюбінгів). Для визначення високочастотної періодичної складової просторової мінливості залишкового ряду розрахункових параметрів використовувався спектральний аналіз (Фур'є-перетворення).

**Результати дослідження.** Штольня є гнучкою субгоризонтальною спорудою, яка чутливо відбиває характер деформацій, що відбуваються в масиві порід. Геодезичні спостереження в штольнях свідчать про те, що відносні переміщення блоків призводять до формування хвилевого профілю споруди не лише в зсувному схилі, але і в корінному масиві порід [5, 6]. Можна припустити, що завдяки переміщенням дрібних блоків відбувається формування зон локальних пластичних деформацій, тобто тектонічними і екзогенними процесами створюється і постійно підтримується в активному стані регулярна багаторівнева лінеаментна мережа, яка слугує структурно-геологічною основою деформаційних процесів.

Формування зон локальних пластичних деформацій в масиві порід, яке відбулося внаслідок диференційованих переміщень дрібних блоків, відображають накопичені зміни рельєфу лотка штольні за період її експлуатації. Чітко виражений періодичний характер залишкового ряду відхилень від трендової компоненти ухилів лотка штольні вказує на закономірне розташування ділянок збільшення або зменшення ухилів. Виявлені за допомогою спектрального аналізу високочастотні складові відповідають просторовим періодам 28, 40 і 55 м.

В період будівництва штольні діаметр кільця тьобінгів по внутрішньому перерізу складав 2,2 м. Ця величина прийнята як початкове значення, по відхиленню до котрої визначалась деформація в вертикальному і горизонтальному напрямках. Отримані дані характеризують накопичені деформації перерізу штольні за період її експлуатації і за фізичним сенсом ділянки зменшення вертикального діаметру і збільшення горизонтального відповідають проявам диференційованих вертикальних рухів суміжних блоків і навпаки – на ділянках відносного збільшення вертикального і зменшення горизонтального діаметрів відбуваються горизонтальні (вздовжберегові) переміщення суміжних блоків з різною швидкістю. Спектральний аналіз залишкового ряду просторового розподілу вертикальних і горизонтальних деформацій кілець штольні виявляє періоди 25-27 і 43 м.

Характерною особливістю зсувів Одеського узбережжя є відхилення загального напрямку їх зміщення від нормалі до берегової лінії, як в основну стадію зсувного процесу, так і в стадію підготовки. Траєкторія переміщення кожного репера має в основному «ступінчастий» вигляд, окремі фрагменти якої спрямовані вздовж берегу чи по нормалі до нього. Такий специфічний вигляд траєкторій зміщень реперів вказує на відповідні кінематичні особливості переміщень окремих тектонічних і зсувних блоків вздовж тріщино-послаблених зон і розривів, які формують дискретність масиву порід.

Наявність вздовжберегових переміщень «тіла» штольні, накопичених за період її експлуатації, встановлено за результатами статистичної обробки даних азимутів простягання бічних стінок кільця тьобінгів. Періодичний характер залишкового ряду відхилень від трендової компоненти азимутів вказує на закономірний розподіл ділянок відносного збільшення вздовжберегових зміщень «тіла» штольні. Виявлений за допомогою спектрального аналізу просторовий інтервал накопичених деформацій складає 27-29 м.

Результати спектрального аналізу свідчать про те, що в градієнтах змін відміток лотка штольні, деформаціях кілець тубінгів і вздовжберегових переміщеннях «тіла» штольні виявляються збіги на просторовому періоді  $\approx 25\text{--}30$  м. Це означає, що деформації конструктивних елементів і «тіла» штольні підкоряються деформаціям масиву порід і відбуваються погоджено. Виділені за інструментальними даними зони тектонічних порушень розчленовують масив на окремі структурні елементи – мікроблоки.

**Висновки.** Просторова високочастотна тектонічна дискретність геологічного середовища території м. Одеса обумовлює особливості просторового розподілу напруженого стану і деформаційних процесів в масивах порід. За результатами інструментальних вимірів накопичених за період експлуатації підземних дренажних споруд деформацій і переміщень достовірно виділено ієрархічний рівень дискретності масиву, який за розміром складає  $\approx 25\text{--}30$  м і співвідноситься з розмірами будівель і їх конструктивних елементів, що зумовлює необхідність внесення істотних коректив як в методику інженерно-геологічних вишукувань і досліджень, так і в практику проектування і будівництва.

**Список використаних джерел:** 1. Будкин Б. В. Микроблоковое строение геосреды и деформационные процессы в береговой зоне (на примере Припортового участка г. Одессы) / Б. В. Будкин, Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Вісник Укр. буд. екон. та наук.-техн. знань. – К. 1998, №2. – С. 25 – 29. 2. Зелинский И. П. Инженерные сооружения как инструмент изучения тектонической дискретности и активности геологической среды / И. П. Зелинский, Т. В. Козлова, Е. А. Черкез [и др.] / Механика грунтов и фундаментостроение. Т.1. Тр. 3 Укр. науч.-техн. конф., Одесса, 1997. – С. 53-56. 3. Козлова Т. В. Морфоструктурні особливості абразійно-зсувного бенчу Одеського узбережжя Чорного моря / Т. В. Козлова, Є. А. Черкез, М. Г. Ботнарй [та ін.] / Вісник ОНУ Географ. і геол. Науки – 2017. – Том 22. – Вип. 2(31). – С. 159-171. 4. Козлова Т. В. Микроблоковая геодинамика на территории Одессы и скорость осевого вращения Земли / Т. В. Козлова, Є. А. Черкез, В. И. Шмуратко / Міжвідомчий науково-технічний збірник. Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування. Збірник наукових праць у 2-х книгах. ДІП НДІБК. – Вип. 75: Книга 1. – Київ, 2011. – С. 271-276. 5. Черкез Е. А. Закономерности формирования и развития оползневых процессов на территории Северного Причерноморья / Е. А. Черкез, С. Н. Шаталин // Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы) : в двух томах / Г. И. Рудько, В. А. Осипюк, С. В. Беда и др.; под ред.: Г. И. Рудько, В. А. Осипюк. – Киев; Черновцы : Букрек, 2012. – Т.2. – С. 232-340. 6. Черкез Е. А. Инженерная геодинамика оползневых склонов Одесского побережья после осуществления противооползневых мероприятий. / Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Вісник ОНУ. Сер. Географ. та геол. науки - 2013. - Т. 18. - Вип. 1 (17). - С. 15-25. 7. Шмуратко В. И. Гравитационно-резонансный экзотектогенез : монографія / В. И. Шмуратко. Одесса : Астропринт, 2001. – 332 с.: ISBN 966-549-576-3 8. Шмуратко В. И. О причине продолжающихся деформаций здания Одесского театра оперы и балета / В. И. Шмуратко, Е. А. Черкез, Т. В. Козлова и др. // Вісник ОНУ. Сер. Географ. та геол. науки - 2013. - Т. 18. - Вип. 1 (17). - С. 38-58. - ISSN 2303-9914.