

УДК 624.131.537

МОНІТОРІНГ І ОПЕРАТИВНЕ СПОВІЩЕННЯ ПРО ПОЧАТОК АКТИВІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЗСУВУ

Тіркель М. Г., Туманов В. В., Філатов В. Ф., Богак М. Ю.
(УкрНДМІ НАНУ, м. Донецьк, Україна)

Проанализированы современные методы определения потенциальной возможности схода оползней. Представлены основные положения технологии мониторинга оползнеопасных участков в режиме «Online» и оперативного оповещения о начале активизации процесса смещения. Приведены методы и оборудование для реализации этой технологии.

Up-to-date methods to determine potentialities of landslide slipping down are analyzed. Main provisions of the technique for monitoring of landslide-hazardous areas in online mode and immediate warning of the start of landslide activation process are worked out. Methods and equipment for the implementation of this technique are described.

Зсуви – це геодинамічні процеси, що виникають унаслідок природних, гідрогеологічних і геоморфологічних особливостей. Залежно від характеру проявів вони можуть мати трагічні наслідки і призводити до надзвичайних ситуацій. Від зсувів потерпають люди, пошкоджуються інженерні споруди, майно, культурні та історичні цінності.

Україна – регіон із складною геолого-економічною і структурно-технічною обстановкою, де відстежується стійка тенденція до посилення впливу екзогенних геологічних процесів. Зсувні процеси широко поширені в Закарпатській, Львівській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Одеській та інших областях, на Азовському узбережжі і Криму, де ураженість цим процесом до-

сягає 50 відсотків території. У районах активної господарської діяльності (Предкарпаття, Крим, Донбас, Одеська, Дніпропетровська, Хмельницька та ін. промислово-міська агломерація). зафіксовано більше 20000 зсувних геосистем.

З метою визначення потенційної можливості зрушення зсуву у кожній конкретній зоні рельєфу, а також часу настання цієї події виконують комплекс робіт, що регламентуються діючими нормативними документами [1], а саме:

– інженерно-геологічне обстеження району можливого обвалу, включаючи буріння розвідувальних свердловин в тілі зсуву з відбором керна для подальшого дослідження властивостей ґрунту і складання водного балансу схилу;

– геофізичні дослідження гірського масиву, які включають: вертикальні електричні зондування за стандартною методикою (ВЕЗ), магнітну зйомку підвищеної точності (МЗ), газоманітну зйомку (ГЕЗ), роботи методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) і сейсмічні роботи кореляційним методом заломлених хвиль (КМЗХ).

В результаті узагальнення й аналізу одержаних матеріалів, їх обробки та інтерпретації по кожному методу досліджень будують прогнозні карти аномальних зон в плані досліджуваної ділянки, з виділенням межі розвитку зсувних процесів на найближчій період.

Для визначення початку процесу активації зсуву, по його тілу, у розрахунковій зоні передбачуваного розвитку закладають мережу геодезичних реперів і кожні 3-4 місяця виконують заміри їх зміщуваль [2]. У випадку виявлення зсувів реперів вживають заходи по запобіганню катастрофічних наслідків сходу зсуву – евакуації людей, майна й обладнання з небезпечної зони.

Відомий спосіб моніторингу зсувонебезпечних ділянок по космознімках. Над зоною передбачуваного зсуву з орбітального космічного об'єкту виконують фотозйомку поверхні Землі. За рядом фотознімків конкретної ділянки поверхні визначають динаміку змін її рельєфу і роблять висновок про можливість сходження зсуву [3].

Відомий спосіб відстеження змін у рельєфі, що передують зсувам, за допомогою радару – інтерферометру, розміщеного на

борту європейського супутника ERS [4]. Система дозволяє знаходити міліметрові зміщення поверхні Землі.

Недоліки цих способів:

– про можливість сходження зсуву судять з динаміки змін рельєфу, що не завжди відображає реальну картину стану зсуву, оскільки зміна рельєфу може бути викликана вітровою ерозією або вологопереносом;

– реєструють вже проявлений на земній поверхні процес, в той час як початок зрушення зсуву йде від площини ковзання в масиві до поверхні.

Таким чином, відомі способи не залишають часу на прийняття превентивних заходів, включаючи евакуацію людей та цінного майна із зсувонебезпечної зони.

У такі способи реєструють процес, що вже проявився на земній поверхні, розвиток якого відбувається від площині ковзання до поверхні масиву з визначеним тимчасовим інтервалом, тобто зрушення зсуву у масиві вже йде, а фіксується його проява через деякий час. Часовий інтервал між активізацією зсуву на площині ковзання і його проявою на поверхні землі та сходженням складає від декількох годин до тижнів. Циклічність таких спостережень за зсувом визначає періодичність одержання інформації про стан зсуву, у той час, коли можлива різка активація зсуву внаслідок зміни гідрогеологічних характеристик масиву викликаних рясними опадами або техногенних факторів, з усіма наслідками, що витікають з цього. До того ж такий дискретний метод контролю стійкості схилів припускає моніторинг тільки однієї ділянки.

Для запобігання зсувам виконується комплекс заходів, який найчастіше включає регулювання стоку поверхневих вод, дренавання підземних вод, спорудження складних інженерних конструкцій і застосування методів закріплення ґрунту палями, підпірними стінками, цементацією і випалом. Ці заходи більшою частиною мають пасивний характер і характеризуються недостатньою ефективністю. На їх виконання витрачається багато грошей, а потім ще більше на ліквідацію наслідків зсуву. Тому треба вирішити задачу дистанційного безперервного контролю стану зсувонебезпечних ділянок в масиві і оперативного сповіщення

про початок активізації зсувних процесів, щоб усунути ефект раптовості при виникненні зсувів.

УкрНДМІ пропонує технологію моніторингу зсувонебезпечних ділянок, що складається з методів і обладнання, які забезпечують дослідження і оперативне сповіщення про початок активізації процесу зсуву масиву.

Методи:

- створення бази даних для кожної зсувонебезпечної ділянки;
- формування мережі сповіщення про початок активізації процесу зрушення тіла зсуву.

Обладнання:

- геофізична апаратура для визначення у масиві зсуву зон послаблених механічних контактів;
- мобільний буроаналітичний комплекс для інженерно-геологічного обстеження масиву зсуву;
- автономне устаткування глибинної реєстрації початку активізації процесу зрушення тіла зсуву, вироблювання й передачі на центральній диспетчерській пункт (ЦДП) адресного радіосигналу в режимі «Тривога!».

Створення бази даних для кожної зсувонебезпечної ділянки передбачає наступне.

1. Виконання загальноприйнятих [1] заходів щодо інженерно-геологічного дослідження масиву, за допомогою розробленого УкрНДМІ НАН України мобільного буроаналітичного комплексу МБАК [5], рис. 1.

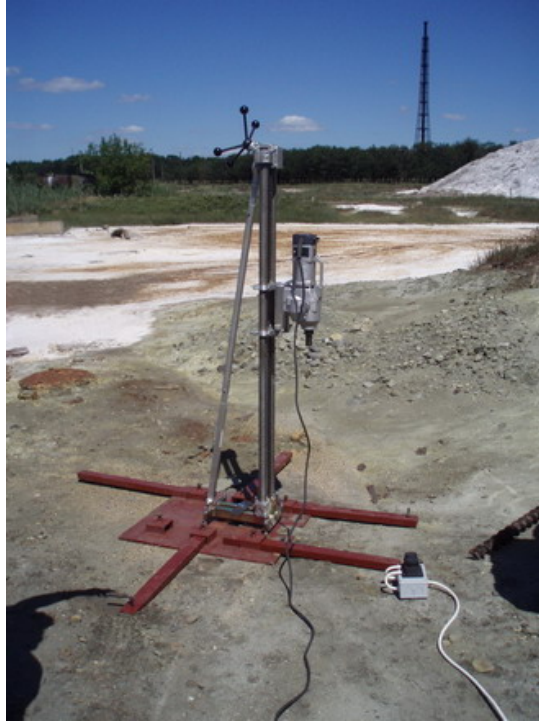


Рис. 1. Мобільний буроаналітичний комплекс МБАК

2. Визначення в масиві зсуву зон послаблених механічних контактів за допомогою розробленого УкрНДМІ НАН України апаратури спектральної сейсмозв'язки АСС-2 [6], рис. 2.



Рис. 2. Апаратура спектральної сейсмозв'язки АСС-2

3. Підрахування об'ємів маси можливого зсуву в межах кожної зони послаблених механічних контактів, з урахуванням змін

рельєфу, за допомогою лазерної скануючої системи «Riegl LMS Z420i» (рис. 3).

4. Побудова прогнозних карт зсувонебезпечних зон.



Рис. 3. Лазерна скануюча система Riegl LMS Z 420i

Керуючись одержаною базою даних здійснюють формування мережі сповіщення про початок активізації процесу зрушення тілу зсуву таким чином.

1. В межах кожної із зон послабленого контакту, в тілі зсуву встановлюють розроблені УкрНДМІ НАН України пристрої УРАО [7] – глибинної реєстрації початку зрушення тіла зсуву відносно масиву корінних порід, вироблення й передачі радіосигналу в режимі «Тривога», рис. 4.

2. Створюють регіональний ЦДП в межах зони активного прийому радіосигналів від сітки УРАО, розташованих в численних зсувах, формуючи за такий засіб моніторингову сітку.

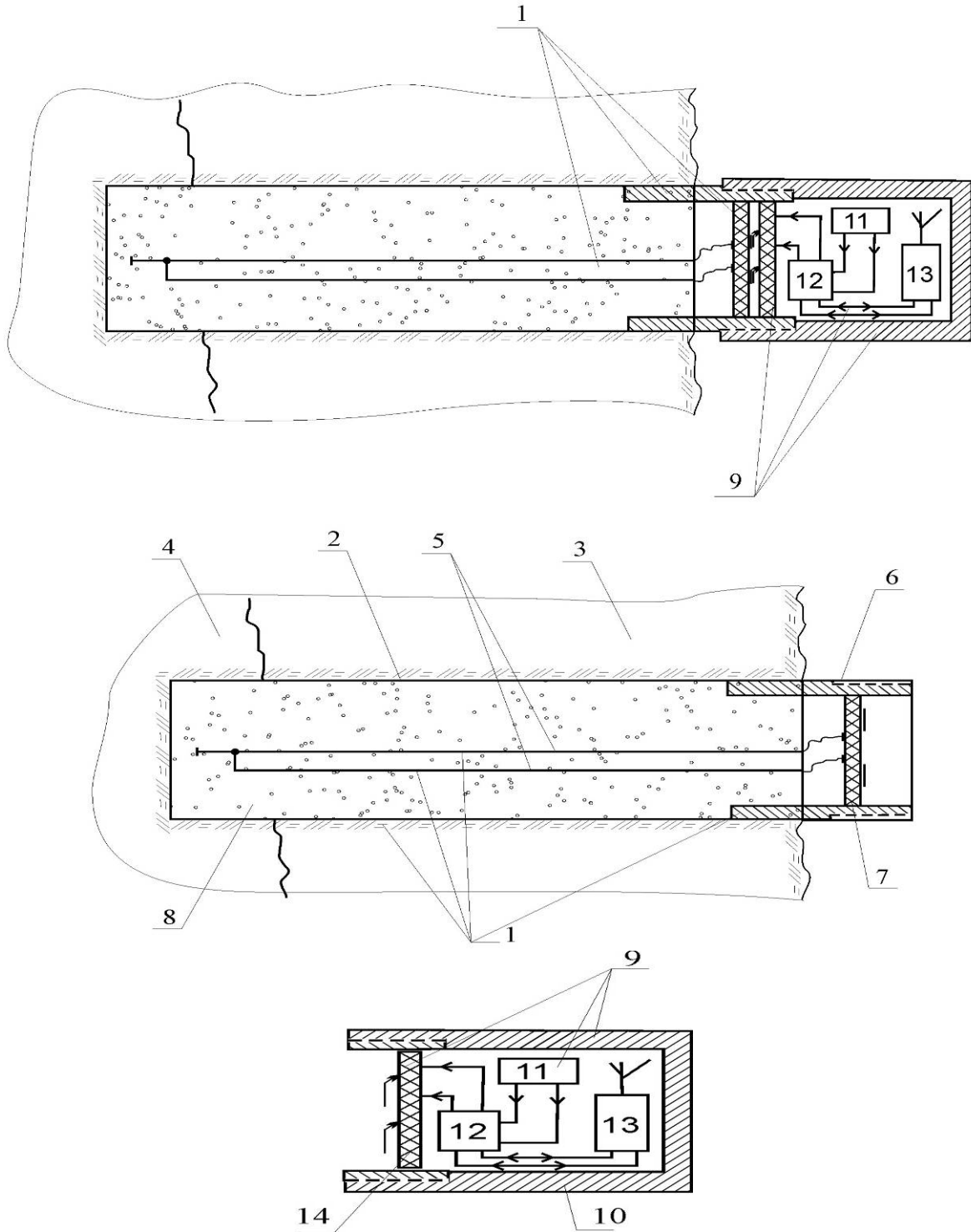


Рис. 4. Пристрій УРАО: 1 – електричний фіксатор зміщення; 2 – свердловина; 3 – тіло зсуву; 4 – корінні породи; 5 – коса; 6 – кондуктор; 7 – контактна плата; 8 – цементний стовпчик; 9 – блок сигналізації; 10 – корпус; 11 – джерело живлення; 12 – контролер; 13 – трансвер; 14 – плата з пружинними контактами

3. Налагоджують систему сповіщення населення про початок активізації процесу зсуву.

Пристрій УРАО (рис. 4) містить електричний фіксатор та блок сигналізації. Електричний фіксатор зміщення 1, виконано у вигляді свердловини 2, влаштованої в тілі зсуву 3 і корінній породі 4 гірського масиву. У свердловині 2 лінійно встановлена система одножильних дротів 5 (коса), а в усті розміщений кондуктор 6 із зовнішнім різьбленням, усередині якого розташована контактна плата 7, сполучена з системою одножильних дротів 5. Система одножильних дротів 5 по всій довжині свердловини 2 залита цементним розчином, що формує цементний стовпчик 8. На кондукторі 6 електричного фіксатора зсуву 1 встановлено блок сигналізації 9, що містить корпус 10 з внутрішнім різьбленням, в якому розміщене джерело живлення 11, сполучене із входом контролера 12, підімкненого в свою чергу по двонаправленій лінії до трансивера 13 і до плати з пружинними контактами 14.

УРАО працює в такий спосіб. У тілі гірського масиву споруджують електричний фіксатор зміщення 1, для чого комплексом МБАК бурять свердловину 2 так, щоб вона перетинала тіло зсуву 3 і проникала в корінну породу 4. У пробуреній свердловині 2 розміщують впродовж неї систему одножильних дротів 5 (косу): один нульовий дріт і один фазовий. Встановлюють в усті свердловини 2 кондуктор 6 різьбленням назовні і заливають в свердловину 2 по всій довжині цементний розчин. Розміщують в кондукторі 6 контактну плату 7 і сполучають її з системою одножильних дротів 5. Після застигання цементного розчину в свердловині 2 і формування цементного стовпчика 8 на кондуктор 6 електричного фіксатора зсуву 1 встановлюють блок сигналізації 9 з розміщеними усередині його корпусу 10 джерелом живлення 11, контролером 12, трансивером 13 і платою з пружинними контактами 14. Корпус 10 блока сигналізації 9 нагвинчують на кондуктор 6 до моменту повної взаємодії контактів плат (з пружинними контактами 14 і контактної плати 7). При цьому контролер 12 блока сигналізації 9 замикає ланцюг: джерело живлення 11 – контролер 12 – система одножильних дротів 5, приводячи, таким чином, в робочий стан електричний фіксатор зміщення 1. При зсуванні тіла зсуву 3 відносно корінної породи 4 цементний

стовпчик 8 ламається, і дроти системи 5 в свердловині 2 обриваються. В результаті контролер 12 перемикається і замикає ланцюг: джерело живлення 11 – контролер 12 – трансивер 13. Струм, що проходить при цьому по ланцюгу від джерела живлення 11, ініціює роботу трансивера 13. Трансивер 13 виробляє радіосигнал, який надходить на пульт центрального диспетчерського пункту й активує систему «Тривога».

Відстеження стану комплексу зсувів у режимі „Online” і миттєва передача сигналу про початок зрушення зсуву на центральний диспетчерський пункт дозволяють мати певний запас часу на вживання превентивних заходів, включаючи евакуацію людей і коштовного майна з зсувонебезпечної зони.

Ще більш ефективним, на наш погляд може бути створення глобальної мережі моніторингу і оперативного сповіщення про початок активізації процесу зсуву з використанням супутникових систем [8], рис. 5. В межах ділянок ослаблених зон закладають хвилепровідні елементи - фіксатори, з обов'язковим їх розміщенням в тілі зсуву і в масиві. З орбітального космічного об'єкта подають сигнал, що генерує коливання у хвиле провідних елементах, з подальшою реєстрацією на орбітальному космічному об'єкті відбитого сигналу. У разі виникнення напружень в будь-якому з хвилепровідних елементів, викликаних ослабленням контакту зсуву з масивом по площині ковзання, змінюються параметри відбитого сигналу, що негайно реєструє апаратура дешифровки розташована на супутнику. Апаратура виділяє нестандартний сигнал і передає його в режимі «Тривога» на ЦДП із зазначенням координат хвилепровідного елемента, на якому виникали напруження.

Таким чином формується всесвітня мережа контролю зсувів. Стійка постійна генерація і реєстрація відбитого сигналу забезпечується сіткою орбітальних космічних об'єктів.

На завершення треба відзначити, що використання сучасних методів і засобів моніторингу та оперативного сповіщення про початок активізації процесу зсуву в режимі „Online” дозволить значно скоротити розміри людських втрат та матеріального збитку від зсувів.

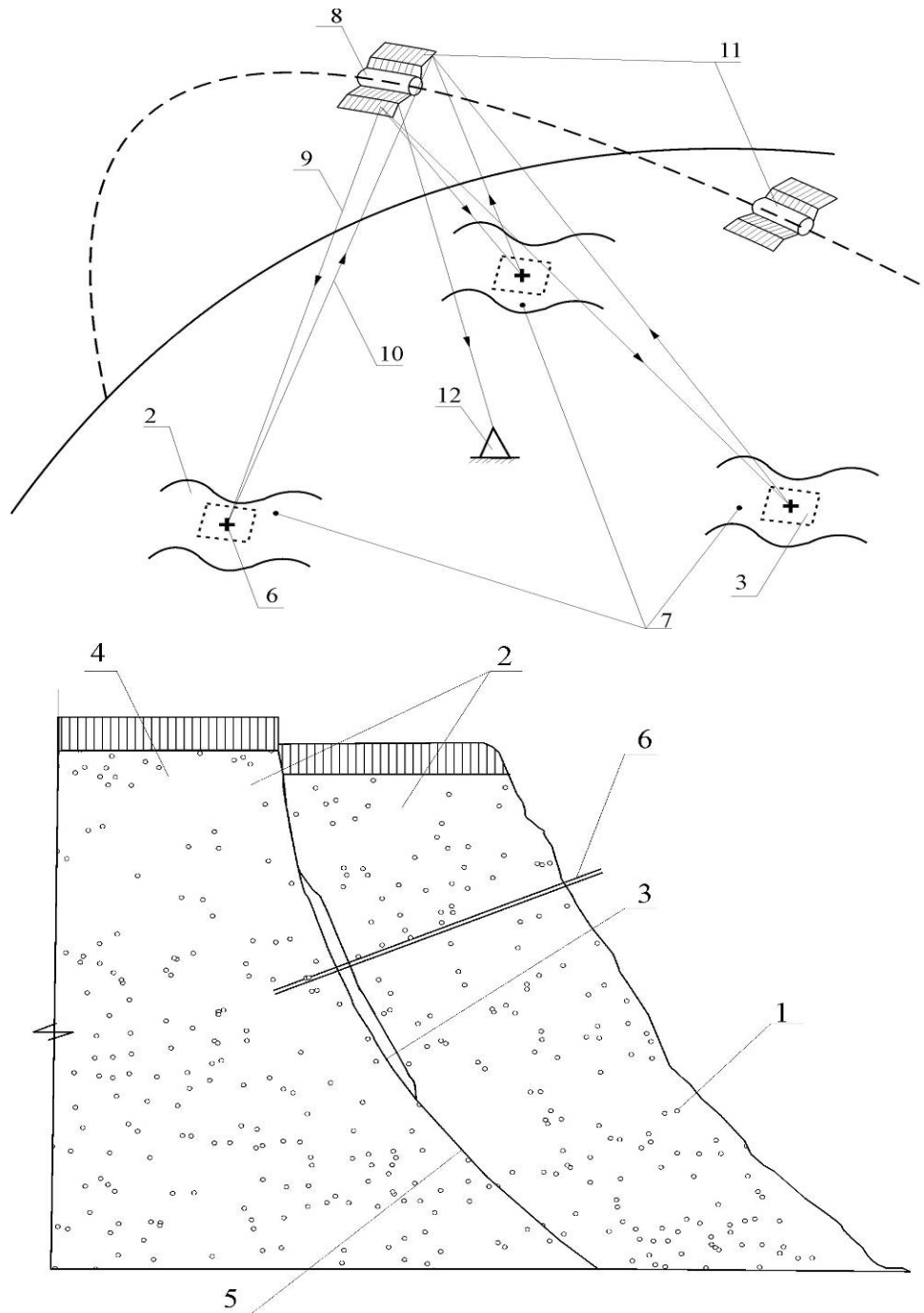


Рис. 5. Глобальна сітка моніторингу і оперативного сповіщення про початок активізації процесу зсуву: 1 – зсув; 2 – зсувонебезпечна ділянка; 3 – ослаблена зона контакту; 4 – масив; 5 – площина ковзання; 6 – хвилепровідні елементи; 7 – мережа контролю; 8 – орбітальний космічний об'єкт; 9 – генеруючий сигнал; 10 – відбитий сигнал; 11 – сітка орбітальних космічних об'єктів; 12 – центральний диспетчерський пункт

ВИСНОВКИ

Запропоновано нову технологію моніторингу і сповіщення про початок активізації процесу зсуву. Вона базується на геофізичних методах виявлення зон послаблених механічних контактів в тілі зсуву, використанні пристроїв глибинної реєстрації початку активізації тіла зсуву, що встановлюється в масиві в межах виявленої зони. В момент активізації зсуву ці пристрої виробляють радіосигналі передають його в режимі «Тривога» на центральний диспетчерський пункт. Таким чином формується глобальна мережа.

Використання даної технології дозволить мати певний запас часу на евакуацію людей і майна з зсувонебезпечної зони, завдяки чому значно зменшиться розмір людських витрат і матеріальних збитків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Руководство по инженерным изысканиям для строительства [Текст]. – М.: Стройиздат, 1982. – 157 с.
2. СП11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов [Текст]. – Введ. 2002-01-01. – М.: ПНИИС Госстроя России, 2001. – 23 с.
3. Седов А.В. Аэрокосмические методы в инженерной геодинамике [Текст]. – М. : Недра, 1988. – 207 с.
4. Европейцы учатся предсказывать оползни [Электронный ресурс] / Мировые новости. – Режим доступа: <http://www.membrana.ru/lenta/> – 16.01.2008. – Загл. с экрана.
5. Тиркель М.Г. Мобильный буроаналитический комплекс МБАК [Текст]:/ М.Г. Тиркель, Н.Н. Киселев, В.Ф. Филатов и др.// Наукові праці УкрНДМІ НАН України: зб. наук. пр. – 2009. – № 4. – С. 87 – 93.
6. Розробка і виготовлення малогабаритної апаратури спектральної сейсмозв'язки для вивчення верхньої частини геологі-

- чного розрізу [Текст]. – звіт про НДР (заключний) / УкрНДМІ. М.Г. Тіркель. – № 02150402000.– Донецьк, 2007. – 263 с.
7. Пристрій для сигналізації про початок зсуву гірського масиву [Текст]: пат. 43363 Україна: МПК G01B 5/30 / Тіркель М.Г., Філатов В.Ф. Туманов В.В., Архипенко О.І.; заявник та патентовласник УкрНДМІ НАН України. – № u200903117; заявл. 03.04.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.
8. Спосіб моніторингу зсувонебезпечних ділянок [Текст]: пат. 35238 Україна: МПК E02D 33/00. / Анциферов А.В., Тіркель М.Г., Філатов В.Ф., Туманов В.В. заявник та патентовласник УкрНДМІ НАН України. – № u200804250; заявл. 04.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17.