

дарствах, відмінності в технічній базі і фінансових можливостях. У зв'язку з цим, виникає необхідність у поетапному переході до ПЗ. Сам процес переходу на таку систему передбачає проходження певних етапів:

- агротехнологічний аудит господарства;
- розробка системи ПЗ;
- придбання обладнання, сільськогосподарської техніки та навчання персоналу;
- використання технологій ПЗ;
- аналіз підсумків і коригування завдань.

Разом з тим, зусиллями тільки самих сільськогосподарських підприємств рішення даного завдання практично неможливе. У зв'язку з цим, виникає необхідність у комплексній інтеграції виробництва та аграрної науки, професійній до виробничій підготовці кадрів, які матимуть навички проектування та налагоджування систем ПЗ.

### *Список літератури*

1. Internet: [http://www.geomir.ru/precision\\_farming\\_ru/](http://www.geomir.ru/precision_farming_ru/) (26.03.2012)
2. Жукова О.А. Точність на полях. // Агропрофи. № 3, 2008г., ст. 12-34

Рукопис подано до редакції 10.04.12

УДК 69.059

С.І. ЛІПАНЧИКОВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПУСТОТ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ЯВИЩ**

Проведено аналіз методів прогнозування, а також основних причин появи пустот в надрах землі, що можуть привести до утворення техногенних явищ. Також запропоновано варіант проведення комплексу методів, що необхідно застосувати з метою прогнозування утворення явищ техногенного характеру, що визвані наявністю пустот в надрах землі.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Прогнозування провалів є надзвичайно актуальним питанням нашого часу. Головним чином це стосується областей, де активно ведеться розробка залізної руди або інших видів корисних копалин. До таких місць відноситься місто Кривий Ріг, де вже більше 100 років ведеться розробка корисних копалин [1]. Це спричиняє великі ризики утворення зсувів та провалів, що можуть привести до жертв зі сторони населення та значних фінансових втрат. Для запобігання цих техногенних явищ катастрофічного характеру застосовуються різноманітні методи прогнозування.

Одним з найкращих та найбільш достовірних способів визначення конкретного місця розташування підземних пустот є вивчення документальних матеріалів (наприклад, мап) стосовно підземних виробок в місті. Але більшість з цих важливих документів було за різними причинами втрачено. За цієї причини виникла необхідність у використанні методів прогнозування провалів, що базуються на різного роду фізичних явищах.

**Аналіз досліджень і публікацій.** На теперішній час є досить багато публікацій на тему прогнозування провалів, зсувів тощо. На думку авторів, основними публікаціями є наступні: в [2] описано основні принципи прогнозування зсувів та обвалів в одному з районів Кавказу, у [3] - прогнозування обвалів в районі Корякського автономного округу області Камчатського півострову. В публікації [4] представлено технологію створення моделі для прогнозування просідань і зсувів в гірських районах Японії. Отже, на даний момент простежується інтерес авторів до вивчення питань прогнозування цих явищ в гірських районах.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є огляд та теоретичний аналіз методів і засобів прогнозування просідань та провалів, зокрема тих, що можна застосувати по відношенню до криворізького регіону, а також розробка концепції застосування методів щодо вирішення поставленої задачі прогнозування техногенних явищ.

**Викладення матеріалу та результати.** Отже, починаючи огляд джерел, розглянемо основні причини появи просідань у ґрунті.

*Причини просідань в ґрунті.* Обвали в ґрунтах відбуваються при їх розшаруванні, тобто обвалюється спочатку найнижчий шар, потім відшаровується інший шар і так далі.

Основними причинами утворення прошарків є:

просідання при розчиненні порід;

просідання в неконсолідованих осіданнях;

просідання в вапняках;

просідання при видаленні ґрунтових вод;

провали та просідання над гірничими відпрацюваннями.

Методи прогнозування. Розглянувши причини цих явищ, перейдемо до безпосередньо методів їх прогнозування. На сьогодні широко застосовуються геофізичні методи дослідження. Нижче приведено описи основних методів цієї групи.

*Сейсморозвідка* - геофізичний метод вивчення геологічних об'єктів за допомогою пружних коливань - сейсмічних хвиль. Цей метод заснований на тому, що швидкість поширення та інші характеристики сейсмічних хвиль залежать від властивостей геологічного середовища, якому вони поширюються: від складу гірських порід, їхньої пористості, тріщинуватості, флюїдонасиченості, напруженого стану й температурних умов залягання. Геологічне середовище характеризується нерівномірним розподілом цих властивостей, тобто неоднорідністю, що проявляється у відбитті, переломленні, рефракції, дифракції й поглинанні сейсмічних хвиль. Вивчення відбитих, переломлених, рефрагованих та інших типів хвиль із метою виявлення просторового розподілу і кількісної оцінки пружних й інших властивостей геологічного середовища - становить зміст методів сейсморозвідки й визначає їхню розмаїтість.

Для збудження пружних коливань використовується два види джерел: вибухові та невибухові. Зміст застосування вибухових джерел полягає в проведенні вибухів зарядами, що закладаються в неглибокі свердловини. Невибухові джерела можуть бути використані багаторазово з однієї і тієї ж точки, а також є більш керованими.

Позитивною рисою сейсморозвідки є, насамперед, величезний об'єм отримуваної інформації. Також, до переваг цього методу слід віднести великий рівень надійності та розподільчої здатності отримуваних даних. Але в цього методу є істотний недолік - його сильна залежність від віку порід, що досліджуються. Мається на увазі те, що найбільш точно інтерпретуються дані, що стосуються стародавніх порід. Також до суттєвих недоліків методу слід віднести негативний вплив на навколишнє середовище при застосуванні вибухових методів генерації хвиль.

Застосування методу сейсморозвідки не є доцільним внаслідок високої собівартості підготовчих робіт та значному негативному впливі на довкілля при застосуванні вибухових джерел генерації хвиль.

Приклад обробки результатів сейсморозвідки приведено на рис. 1.

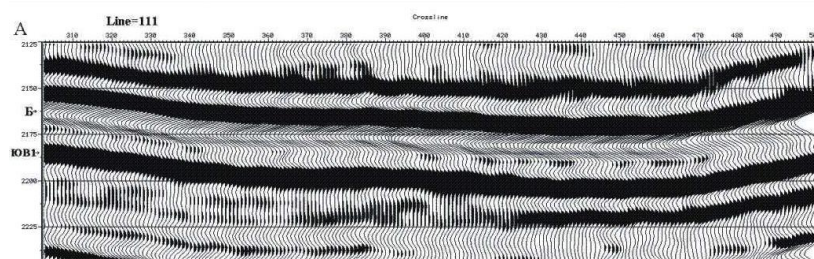


Рис. 1. Обробка результатів сейсморозвідки

*Магніторозвідка* (магнітометрична або магнітна розвідка) - це геофізичний метод рішення геологічних завдань, заснований на вивченні магнітного поля Землі. Земля, як космічне тіло певної внутрішньої будови, генерує постійне магнітне поле, яке називають

нормальним або первинним. Багато гірських порід і руд мають магнітні властивості й здатні під впливом цього поля набувати намагніченість і створювати аномальні або вторинні магнітні поля. Виділення цих аномальних полів зі спостереженого в зоні дослідження або сумарного геомагнітного поля, а також їхнє геологічне тлумачення є метою магніторозвідки.

Магніторозвідка є ефективним методом пошуку і розвідки залізних руд. Однак її широко застосовують і при геологічному картуванні, структурних дослідженнях та пошуках інших корисних копалин. Перевагою магніторозвідки є те, що цей метод є найбільш зручним інструментом для дослідження стародавніх зрушень в геологічному стані земних надр, тобто чим старіші є породи, тим точніші будуть результати. Магніторозвідка вигідно відрізняється значною продуктивністю серед всіх існуючих методів, особливо в аероваріанті. До недоліків методу слід

віднести достатньо високий рівень залежності від умов застосування методу. Внаслідок високого рівня залежності від великої кількості факторів можна вважати небажаним та недоцільним застосовувати метод магніторозвідки в регіоні міста Кривий Ріг.

На рис. 2 - приклад проведення обробки результатів дослідження за допомогою магніторозвідки.

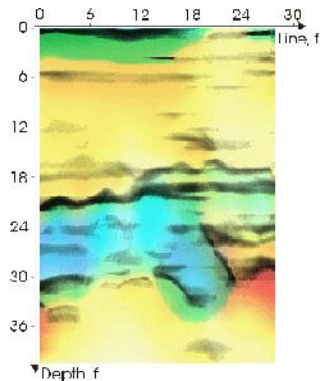


Рис. 2. Обробка результатів магніторозвідки

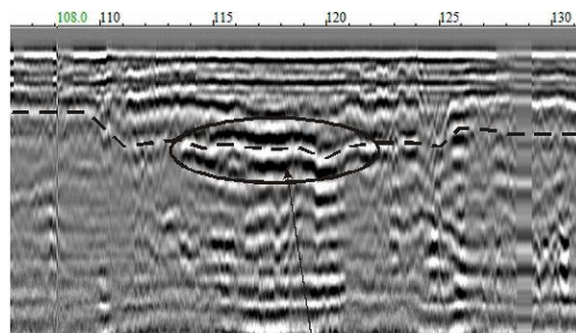
*Електророзвідка* (електрична, електромагнітна розвідка) поєднує фізичні методи дослідження геосфер Землі, пошуків і розвідки корисних копалин. Метод базується на вивченні електромагнітних полів, що існують у Землі в силу природних космічних, атмосферних чи фізико-хімічних процесів чи створених штучно.

Інтенсивність і структуру природних полів визначають природні фактори й електромагнітні властивості гірських порід. Для штучних полів вона залежить від цих же властивостей гірських порід, інтенсивності й виду джерела, а також способів збудження. Останні бувають гальванічними, при якому поле в Землі створюють за допомогою струму, що пропускають через електроди-уземлювачі; індуктивними, коли живильний струм, проходячи по незаземленому контуру (петля, рамка), створює в середовищі електромагнітне поле за рахунок індукції, і змішаними (гальванічними й індуктивними).

За технологією й місцем проведення робіт розрізняють аерокосмічні, польові (наземні), акваторіальні (морські, річкові), підземні (шахтно-рудничні) і бурильні (проміжбурильні) методи електророзвідки.

На рис. 3 наведено фрагмент зображення, що використовують при проведенні досліджень результатів електророзвідки.

Електромагнітна розвідка є одним з найпоширеніших методів геофізичних досліджень. Різноманітність видів цього методу дозволяє точно обирати обладнання під конкретні потреби. Цей аспект можна вважати перевагою методу. До негативних якостей електророзвідки відносять складність обладнання, що застосовується при його використанні, а також необхідність проведення складних розрахунків для пост-обробки результатів, що були отримані під час проведення досліджень.



Зона електромагнітної аномалії

Рис. 3. Обробка результатів електророзвідки

емісії в надрах є рухи матеріалу, що виникають при пластичній деформації або виникненні й зростанні тріщин у структурі під напругою. Іншими джерелами акустичної емісії є: плавлення, кристалізація, теплові напруги, охолодження, зростання напруги й інші фактори.

Метод УЗ-контролю заснований на реєстрації й наступній обробці акустичних сигналів стосовних АЕ. Метод АЕ-контролю реалізується в процесі активного навантаження контрольованого об'єкта.

При використанні більш ніж одного датчика можна визначити конкретна місце розташування джерела АЕ, і таким чином знайдена дефектна область. Визначення місця розташування джерела АЕ базується на принципах поширення хвилі в межах матеріалів. Його можна знайти за різницею часу приходу сигналу на кожний датчик. Окрім цього, плюсом УЗ-дослідження можна вважати достатньо велику точність отриманих результатів; відсутність необхідності ма-

Метод електророзвідки активно застосовується для виконання геологічних завдань і може використовуватися для дослідження пустот в регіоні міста Кривого Рогу. Але за причини необхідності проведення тривалих складних підготовчих робіт для проведення дослідження він є менш зручним ніж метод УЗ-дослідження в комплексі з методом ДЗЗ.

*Метод ультразвукового (УЗ) дослідження.* В основі цього методу лежить явище акустичної емісії – процес виникнення пружних хвиль в результаті викиду енергії з локальних джерел у структурі матеріалу. Основними джерелами

ти доступ до всієї області дослідження і, як наслідок, значно менша вартість дослідження. Окрім цього, для цього методу притаманна велика швидкість обстеження, що, беззаперечно, також є великою перевагою. До недоліків цього методу можна віднести необхідність розташування датчика на достатній відстані від місця розташування дефекту, що може спричинити необхідність проведення додаткових робіт (наприклад, буріння свердловин тощо).

Метод УЗ- дослідження є сенс використовувати для дослідження пустот в регіоні Кривого Рогу за умови, що необхідно отримати докладну картину стану надр землі на відносно невеликій території.

*Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ).* Найбільш перспективним і зручним методом спостереження за поверхнею Землі є ДЗЗ - дистанційне зондування Землі - спостереження за поверхнею планети авіаційними й космічними засобами, що оснащені різними видами знімальної апаратури. Значення довжин хвиль, що приймаються знімальною апаратурою, коливаються від часток мікрометра (видиме оптичне випромінювання) до метрів (радіохвилі). Методи зондування можуть бути *пасивні*, тобто ті, що використовують природне відбите або вторинне - теплове випромінювання об'єктів на поверхні Землі, обумовлене сонячною активністю, *активні* - що використовують вимушене випромінювання об'єктів, ініційоване штучним джерелом спрямованої дії.

На рис. 4 приведено схему збору даних дистанційного зондування Землі.

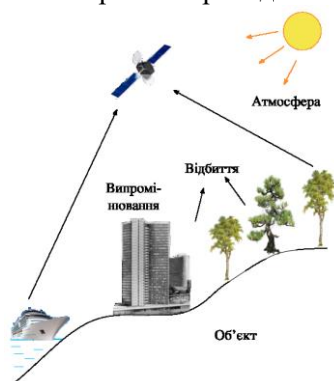


Рис. 4. Збір даних ДЗЗ

Останнім часом дані супутника ДЗЗ стали активно використовуватися не тільки для проведення досліджень, але й для рішення виробничих, екологічних і комерційних завдань. Космічні апарати для дослідження природних ресурсів оснащуються, в основному, оптичною чи радіолокаційною апаратурою.

Метод ДЗЗ є зручним для дослідження будь-яких територій, адже обладнання, встановлене на космічному супутнику дає можливість робити знімки території, географічно розташованої будь-де.

Одним з типів ДЗЗ, що широко застосовується в наш час, є радіолокаційний спосіб дослідження. Найголовнішою його перевагою є оперативність отримання знімків при умові збереження високої просторової роздільної здатності незалежно від погодних умов та стану атмосфери. Але недоліком цього методу є сильна залежність точності та якості знімків від характеристик використовуваної

апаратури та алгоритмів обробки отримуваних даних [5].

*Аерофотозйомка.* Цей метод дослідження є різновидом методу дистанційного зондування Землі. Він відповідає методу космічного ДЗЗ, але аерофотозйомка ведеться не з космічного, а з атмосферного літального апарату. Сучасні технології аерофотозйомки є більш доцільними для рішення певного типу завдань. Аерофотозйомка відрізняється більшою деталізацією отриманих знімків.

Аерофотозйомка ведеться в чотирьох спектральних діапазонах, що дозволяє без додаткових витрат одержати ортофотоплани відразу в декількох варіантах – панхроматичному (чорно-білому), натуральному кольоровому та в інфрачервоному кольорі. Дешифровочні властивості кольорового зображення, при аналізі їх фахівцями, близькі до 100%, тоді як на чорно-білих знімках досить складно за фототонном розділити поверхні з нечітким контуром. За даними цифрової аерофотозйомки на будь-якій ділянці сфотографованої території є можливість одержати цифрові топографічні плани залежно від заданих умов масштабу 1:500 - 1:5000, і дрібніше.

Позитивні та негативні риси методу аерофотозйомки аналогічні рисам методу ДЗЗ. Використання методу аерофотозйомки в комплексі з методом ДЗЗ в регіоні міста Кривого Рогу може дати дуже точні та якісні результати для дослідження стану поверхні.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Беручи до уваги описані вище дані щодо методів прогнозування провалів (при відсутності достовірних даних про місця підземних виробок), безпосередньо для регіону міста Кривого Рогу пропонується використовувати наступний комплекс методів для прогнозування формування пустот, що можуть привести до утворення провалів:

провести дистанційне зондування чи зазначеного регіону з космічного супутника в комплексі з аерофотозйомкою місцевості для отримання уявлення про загальну ситуацію на земній поверхні;

визначити можливе потенційне місцеположення зформованих пустот на основі методів обробки результатів ДЗЗ та аерофотозйомки;

провести буріння свердловин для подальшого встановлення в них УЗ-датчиків спеціальних типів для проведення ультразвукового обстеження земних надр для виявлення більш точної картини їх стану та наявності в них пустот.

Отримані дані про місцезнаходження пустот дозволяють зробити висновок про можливість або неможливість проведення певних робіт певного роду на заданій місцевості (наприклад, проведення будь-яких досліджень, споруджування будівель, прокладання доріг і т.ін.), пов'язаних з перебуванням на території людей, обладнання тощо. Це дозволить уникнути людських жертв та матеріальних збитків.

#### Список літератури

1. Вилкул Ю.Г. Современное экологическое состояние Криворожского бассейна / Вилкул Ю.Г. // Сучасні технології розробки рудних родовищ: зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 2011. – Вип. – С. 9-12.
2. Васьков И.М. Ледово-каменные обвалы и их прогнозирование. Опыт Геналдонской катастрофы, центральный Кавказ / Васьков И.М. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. - 238с.
3. Леонов В.Л. Обвалы и оползни на территории Корякского автономного округа, связанная с ними опасность и факторы, ее определяющие / В.Л. Леонов, О.Н. Егоров // Вопросы географии Камчатки. - 2005. - №11. - С.31-50.
4. Ryohei Misumi REALTIME FORECASTING OF SHALLOW LANDSLIDES USING RADAR-DERIVED RAINFALL / Ryohei Misumi, Masayuki Maki, Koyuru Iwanami, Ken-ichi Maruyama // World Weather Research Programme's symposium (Toulouse, France, 2005 September 5-9). - Toulouse, 2005. - P. 1-6.
5. Никольский Д.Б. Современные тенденции в радиолокационном дистанционном зондировании Земли / Д.Б. Никольский // Геопрофи. – 2008. – №4. – С. 19-24.

Рукопис подано до редакції 10.04.12

УДК 681.518.3: 658.56

А.А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, проф., В.В. ДРИГА,  
Ю.Е. ЦЫБУЛЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц. А.В. ШВЫДКИЙ, ст.препод.  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОБУСЛОВЛЕННОЙ ВАРИАЦИЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПУЛЬПЫ ПРИ ДИСКРЕТНОМ КОНТРОЛЕ СОДЕРЖАНИЯ В НЕЙ МАГНЕТИТА МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Для управления технологическим процессом обогащения магнетитовых руд в условиях рудообогатительных фабрик необходима оперативная и достоверная информация о содержании железа магнетитового ( $Fe_{\text{магн}}$ , магнетита) в руде на различных стадиях ее переработки. В частности, важной является оперативная информация о содержании  $Fe_{\text{магн}}$  в рудной пульпе, представляющей собой водную суспензию (взвесь) тонко измельченной руды классом крупности около -0.1 мм.

Технологический контроль указанного параметра предусмотрен в *исходной руде* (пульпе), поступающей на магнитную сепарацию, а также в *концентрате* и *отвальных «хвостах»*, которые получают в результате сепарации. В настоящее время контроль осуществляется ручным отбором проб, их подготовкой (фильтрация, сушка, доизмельчение до крупности -0.016 мм) и химическим анализом, что является ресурсозатратным и не оперативным способом.

С другой стороны, получить необходимую информацию о содержании  $Fe_{\text{магн}}$  в магнетитовых рудах оперативно (практически в режиме реального времени) можно на основе *магнитометрического способа*, основанного на зависимости магнитной восприимчивости руды от содержания в ней магнетита.

**Анализ публикаций**, посвященных применению магнитометрического способа, например [1], а также проведенные нами эксперименты, результаты которых приведены ниже, показали, что в случае с пульпой точность производимых измерений оказывается в несколько раз ниже, чем с сухой порошковой рудой, получаемой после сушки, и является недостаточной для технологического контроля.

Основным мешающим фактором является *нестабильность концентрации пульпы* – т.е. соотношения масс ее «твердой» (руда) и «жидкой» (вода) фаз. Например, только что отобранная, т.н. «жидкая» пульпа (т.е. еще не разделившаяся на воду и осадок) представляет собой достаточно слабо концентрированную суспензию, большую часть которой составляет вода. Особенностью такой пульпы является то, что она очень быстро разделяется. Так, при ее отстаивании в течение нескольких минут образуется граница раздела между чистой водой сверху и осадком снизу в виде более концентрированной (сметанообразной) пульпы. Далее, с течением времени,