

УДК 556.3.06

**ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ
ГІДРОДЕФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ
ТЕКТОНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В МАСИВАХ ГІРСЬКИХ
ПОРІД**

Пигулевский П. И., Свистун В. К.

*(Днепропетровская геофизическая экспедиция
«Днепрогеофизика», Украина)*

Толкунов А. П.

(ГТП «Укргеофизика», Украина)

Приведены результаты предварительной интерпретации данных мониторинга гидрогеодинамических параметров подземных вод в Днепропетровской области с целью прогноза тектонических изменений в массивах горных пород.

The preliminary interpretation results of monitoring data of hydrodynamic parameters of groundwater in Dnepropetrovsk region for the purpose of tectonic changes forecast in the mountain range are given.

Вступ. Роботи по вивченню режиму підземних вод з метою пошуків інформаційних передвісників землетрусів в межах півдня України були розпочаті в 1979 році фахівцями Кримського відділення (КВ) УкрДГРІ (Український державний геологорозвідувальний інститут). На протязі десятків років був виконаний значний обсяг робіт для пошуків гідрогеологічних передвісників землетрусів, результати яких підтвердили перспективність гідродинамічних методів з метою прогнозу землетрусів і дозволили визначити шляхи їх удосконалення. При цьому було встановлено, що найбільш інформаційними серед гідрогеологічних індикаторів є параметри, які характеризують динаміку підземних вод і газів.

Важливим результатом цих робіт стали дані, які свідчать про те, що аномальні ефекти (передвісники) потужних землетрусів, виявляються на значних відстанях від епіцентру землетрусу і на площах, значно перевищуючих область його дії. Це однозначно вказує на те, що процеси, які приводять до землетрусу мають більш регіональний характер.

Встановлений при гідрогеологічних дослідженнях на кримському півострові регіональний характер процесів, що приводять до зміни напруженого стану гірських порід, підкреслив необхідність створення спеціалізованої регіональної гідрогеологічної спостережної мережі, яка повинна стати експериментальною базою розробки практичних параметрів прогнозу потужних землетрусів на півдні України. Крім того, отримані дані вказують на потрібність уніфікації методики гідрогеологічних спостережень на спеціалізованих регіональних мережах, а також вибору оптимальній кількості параметрів спостережень.

При цьому регіональне вивчення режиму підземних вод в асейсмічних регіонах України з метою подальшого дослідження особливостей еволюції гідрогеодеформаційного (ГД) поля і пошуку аномалій, які є передвісниками землетрусів не виконувалися.

Організація гідрогеодинамічних спостережень в Дніпропетровській області. Роботи з організації моніторингу за гідрогеодинамічними параметрами підземних вод були розпочаті Дніпропетровською геофізичною експедицією «Дніпрогеофізика» в 2007 році. На першому етапі в містах Дніпропетровськ та Кривий Ріг для вивчення режиму підземних вод були вибрані 2 свердловини, які були обладнані спеціальними автономними реєструючими «інтелектуальними» датчиками (ІД). Вони встановлені безпосередньо в свердловинах № 14431 (м. Кривий Ріг) глибиною 815 метрів (рівень води від денної поверхні 106 м) и № 1-ІГЦ (м. Дніпропетровськ) глибиною 85 метрів (рівень води – 17 м).

ІД в м. Кривий Ріг розташовані в зоні впливу Криворізьсько-Кременчуцького глибинного розлому, а в м. Дніпропетровську на лівому березі р. Дніпро – в межах монолітного масиву гранітоїдів Середньопридніпровського мегаблока – в умовах високої сейсмостійкості території розвитку докембрійського фундаменту.

Встановлені в м. Кривий Ріг датчики дозволили контролювати залежність рівня води та температури в свердловині № 14431 від часу. Ця інформація особливо корисна при спостереженні режимів зміни рівня води в свердловині від геодинамічних процесів в верхній частині земної кори і при визначенні періоду відновлення рівня підземних вод в залежності від масової відкачки мешканцями міста води з свердловин і кількістю опадів. Також, зіставлення одержаних параметрів в свердловинах № 14431 і №1-ІГЦ дозволили встановити їх регіональній зв'язок з геодинамічними процесами, що відбуваються в земній корі. Приклад коливань статичного та геодинамічного рівнів підземних вод в м. Кривий Ріг та в м. Дніпропетровськ, представлений на рис. 1.

Частота знімання даних спостережень запрограмована на інтервал в 20 хвилин (вона обмежується тільки ємністю пам'яті датчика та джерелом живлення (до 5 років)). Періодично результати вимірів через інтерфейсний блок зчитується комп'ютером. Наявні програми обробки одержаних даних дозволяють отримати геодинамічний параметр стану підземних вод і забезпечують її статистичну обробку, візуалізацію інформації в графічному та числовому вигляді (рис. 1).

Завдяки одержаним з датчиків вимірів, отримано залежність коливань рівня води в свердловинах на протязі 20 місяців з жовтня 2007 по липень 2009 рік від зміни напружено-деформаційного стану земної кори і кількості опадів та атмосферного тиску. Геодинамічний стан впливає на фільтраційні властивості порід геологічного розрізу (шаруватість і тріщинуватість), котрі визначають ступень живлення підземних вод в м. Дніпропетровськ та Кривий Ріг. На їх рівень в м. Кривий Ріг крім інфільтрації атмосферних опадів, конденсації водяних парів, стискання та розвантаження тріщин водовміщуючих порід верхньої частини земної кори впливають і води шламонакопичувачів.

Результати. Спостереження в режимі гідродформаційного моніторингу добре фіксують не тільки загальні (круглорічні) та регіональні зміни коливань рівня підземних вод в залежності від деформаційних процесів (тектонічних рухів), викликаних землетрусами, але і локальні (місцеві) особливості неотектонічних подій (рис. 1). Загальний аналіз масиву даних зміни рівня підземних вод і атмосферного тиску з подальшою математичною обробкою

спеціальними програмами дозволили виділити тимчасові зміщення між значеннями рівня і атмосферного тиску і отримати компоненту підземних вод, яка вказує на те, що на рівень підземних вод впливають і геодинамічні параметри стану земної кори.

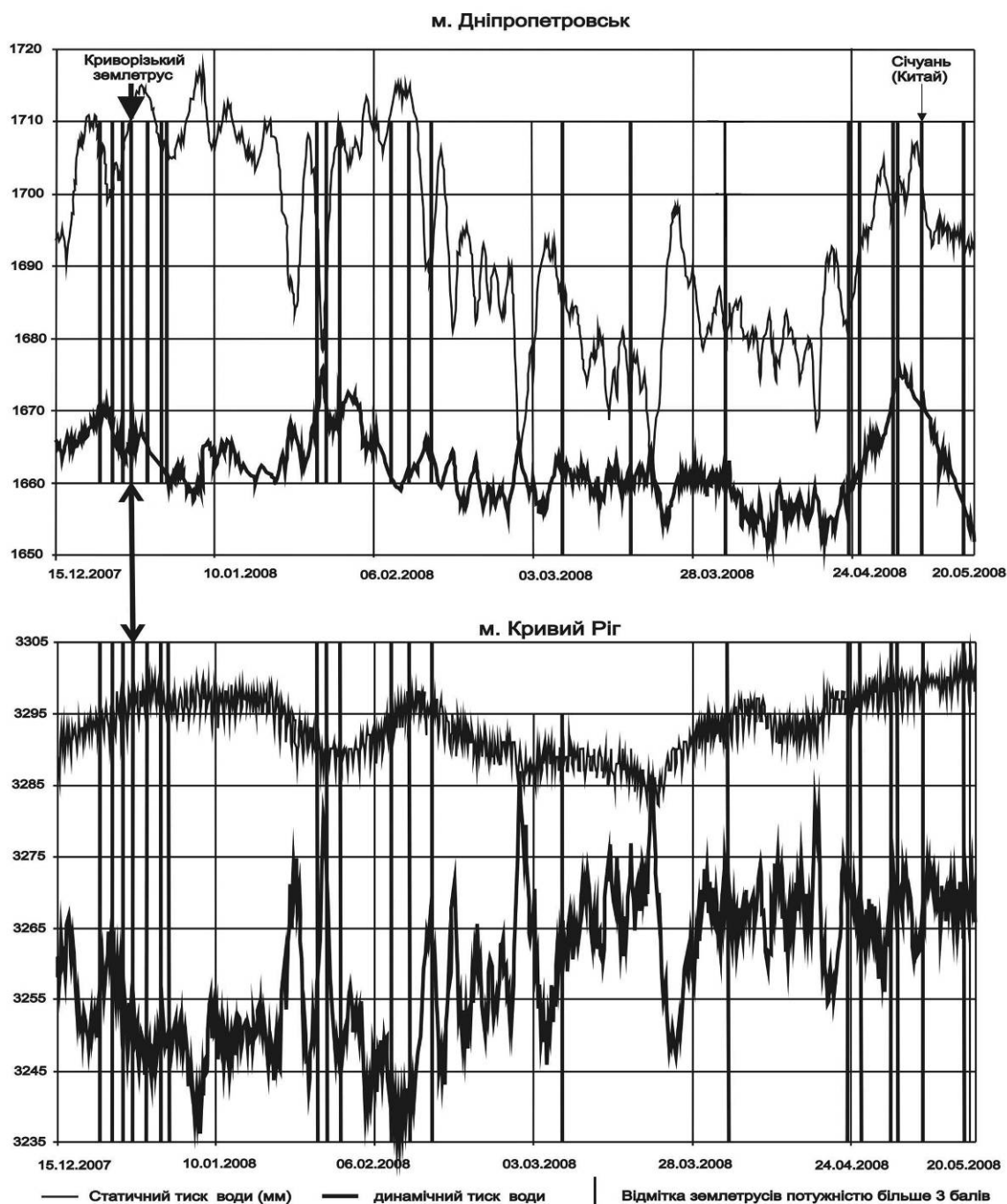


Рис. 1. Результати спостереження варіацій гідрогеодеформаційного поля в свердловинах Дніпропетровської області з грудня 2007 по червень 2008 року

Інформативність гідрогеологічних показників оцінюється по реакції гідрогеодинамічних параметрів режиму підземних вод на збурення викликані в верхніх прошарках Землі деформаціями стискання і розтягування та відмічаються при підготовці землетрусів.

Важливим результатом наших робіт стали дані, які свідчать про те, що аномальні ефекти (передвісники) потужних землетрусів, виявляються на значних відстанях від епіцентру землетрусу і на площах, значно більших території його дії, виявляються навіть в асейсмічних регіонах (рис. 1). Це однозначно вказує на те, що процеси, які приводять до землетрусу мають більш регіональний характер впливу. Також слід відмітити, що зміни рівня підземних вод реєструють заздалегідь (від хвилин до 2-15 діб і більше) ці зміни і можуть використовуватися як один з передвісників землетрусів.

Порівняльний аналіз форм передвісникового сигналу рівня підземних вод вказує, що переважною формою є напівперіод квазисинусоїди з екстремумом у від'ємну опісля в позитивну області (для часових і добових передвісників землетрусів), котрі розташовані в градієнтній частині крупних аномалій. При цьому, найчастіше, можливе ускладнення кривої більш високочастотною складовою (рис. 2).

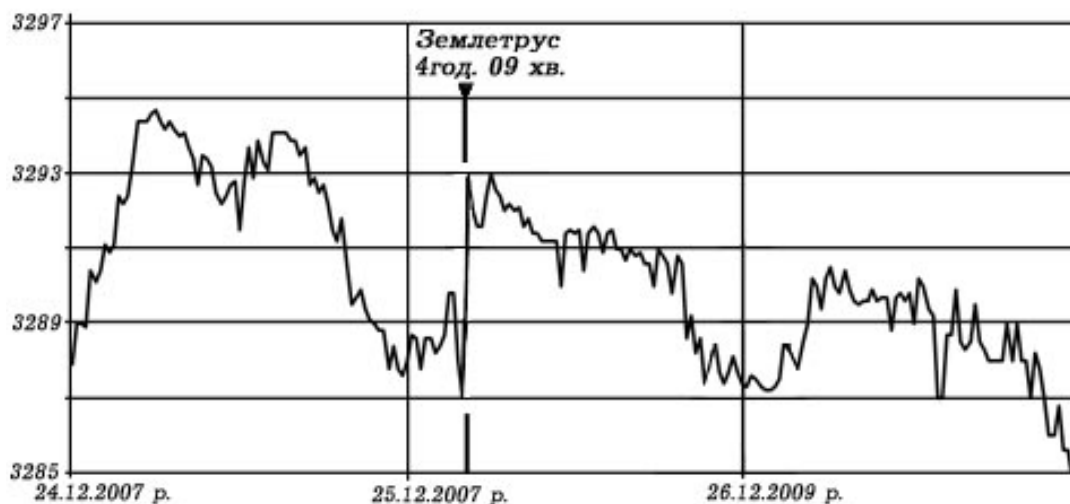


Рис. 2. Результати спостереження гідродинамічного режиму підземних вод в свердловині м. Кривий Ріг з 24 по 27 грудня 2007 року

Частота дискретності гідрогеологічних спостережень визначається природою передвісника і, відповідно, його довгостроковістю. Наведені приклади показують наявність прямої залежності довгостроковості прогностичної ознаки від сили землетрусу. Природньо припустити, що подібна залежність повинна спостерігатися і у відношенні глибини осередку. Підсумовуючи вищесказане, можна сказати, що частота вимірювань гідрогеологічних параметрів повинна визначатися індивідуально для кожного пункту вимірів і для кожного передвісника.

Згідно існуючих розрахунків максимальна бальність землетрусу може досягати 4 балів при амплітуді в епіцентрі (г. Вранча, Чорне море) 7-8 балів. Подія, що сталася 25 грудня 2007 року в північно-східній частині м. Кривий Ріг, показує на можливість виникнення землетрусів потужністю до 4 балів і в межах Українського щита. Проблемою області є її величезна техногенна навантаженість. Основні споруди області та м. Дніпропетровськ і Кривий Ріг в більшості були побудовані в 60-80-ті роки, без врахування зростаючій сейсмічності регіону. За останні десятиліття сейсмологи України і закордоном відмічають зростання сейсмічної активності в раніше асейсмічних регіонах (наприклад, в межах Східноєвропейської платформи). З іншого боку ці споруди зазнали певного впливу часу і кліматичних умов, що знизило їх сейсмостійкість, і в цілому, можуть обумовити небажані катастрофічні наслідки.

Узагальнення результатів. Порушення гідродинамічного режиму підземних вод, забруднення поверхневих вод, атмосферного повітря, ґрунтів, створення техногенного ландшафту, разом з особливостями геологічної будови Криворізького регіону дозволяє без перебільшення відносити Кривбас до потенційної зони екологічного ризику. Особливо в цьому відношенні викликає занепокоєння саме місто Кривий Ріг, яке розташоване на поверхні Криворізької залізорудної структури, що приурочена до потужної зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому переважно західного падіння. Епіцентр землетрусу, який відбувся 25.12.2008 р. о 4 год 09 хв. з магнітудою 3,7 бала [1], розташований на глибині близько 34 км, за нашими даними [2], приурочено до зони впливу цього розлому. А це означає, що природні тектонічні процеси можуть зумовити суттєві порушення в монолітнос-

ті масивів докембрійських порід, утворити густу мережу розломів, зон підвищеної тріщинуватості, подрібнення порід тощо. Як наслідок, суттєво знижується ступінь сейсмостійкості території та виникають потенційні передумови вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків. Причиною останнього явища може бути надмірне техногенне навантаження на блоки та зони тріщинуватості, зумовлене спорудженням відвалів, шламосховищ і ставків-накопичувачів. Також слід в першу чергу відмітити негативний вплив геодинамічних явищ на технічний стан великих гідротехнічних споруд і, як наслідок їх порушення загрозу прискореного підтоплення жилих масивів м. Кривий Ріг та прилеглих населених пунктів.

Аналіз відносних швидкостей вертикальних рухів реперів, обчислених за багатократними повторними спостереженнями на полігонах Криворізького басейну, опорних майданчиках з використанням геолого-геофізичних і геоморфологічних матеріалів дозволив встановити різні за спрямованістю і інтенсивністю види рухів земної поверхні. При цьому виділяються структури фундаменту, в динаміці рухів яких чітко підкреслюється його блоковий характер: максимальні градієнти швидкостей співпадають з активними тектонічними розломами.

Отримані нами результати спостережень в режимі гідрогеодеформаційного моніторингу в м. Кривий Ріг і м. Дніпропетровськ показують, що рухи блоків земної кори можуть проявлятися, як з одним знаком, так і різного – в просторі і часі, визиваючи сутєві деформаційні процеси в промислових і цивільних спорудах в зонах впливу сучасних активних тектонічних розломів. Слід зазначити, що при оцінці геодинамічної небезпеки будь-яких об'єктів надрокористування, найбільш негативну дію на них спрямовують саме ділянки змін геодинамічних процесів аномально високими деформаціями, які можуть досягати порогу руйнування, за порівняно короткий час (в зіставленні з періодом експлуатації об'єктів).

Таким чином, врахування геодинамічного чинника в Криворізькому регіоні на базі гідрогеодеформаційних спостережень повинно стати обов'язковим для інженерних споруд як на стадії вишукувань, так і на стадії будівництва і експлуатації. А це означає, що такі данні про геодинамічний вплив будуть направлені на діа-

гностику небезпечних розломів і розробку пропозицій для прогнозу можливого соціально-економічного і екологічного збитку, рівня промислової безпеки будь-яких об'єктів, розташованих в зоні небезпечного розлому, як зон еколого-геологічного ризику.

Попередній аналіз наших спостережень у режимі гідрогеодеформаційного моніторингу в м. Кривий Ріг та м. Дніпропетровську показує, що рухи мегаблоків (блоків) земної кори проявляються, як одного так і різного напрямку. Наприклад, за три тижня до Січуаньського землетрусу (Китай) потужністю близько 8 балів, північна частина Середньопридніпровського мегаблоку почала відчувати потужне стискання, при цьому західна його частина в зоні впливу Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому розпочала рухи різних напрямків (рис. 1).

Через 2 тижня після Січуаньських подій вони знову повернулись в режим однонаправлених геодинамічних процесів. Матеріали моніторингу показують, що зареєстровані зміни рівня води мають широкий частотний і амплітудний спектр коливань на фоні абсолютних змін до початку, під час і після завершення геодинамічних процесів, пов'язаних з землетрусами (рис. 1).

Попередній аналіз і синтез спостережень також показує, що при оцінці геодинамічної небезпеки будь-яких об'єктів надрокористування й народногосподарського плану, найбільш негативну дію на них будуть справляти саме високоінтенсивні короткоперіодні геодинамічні процеси, оскільки останні досягають аномально високих деформацій у зонах впливу великих розламів, які можуть бути порівнянні з порогом руйнування, за порівняно короткий час в зіставленні з періодом експлуатації об'єктів.

Зіставлення в часі таких інтенсивних короткоперіодних відхилень із проявами викидів вугілля, породи та газу на шахтах «Щегловська глибока» та «ім. А.А. Скочинського» [4], вказує на їх прямий зв'язок з геодинамічними процесами (рис. 3).

Отримана нова інформація може бути дуже корисною при організації моніторингу з метою попередження викидів піщаників, вугілля та проникнення метану в виробітки шахт і надзвичайних ситуацій у Донбасі.

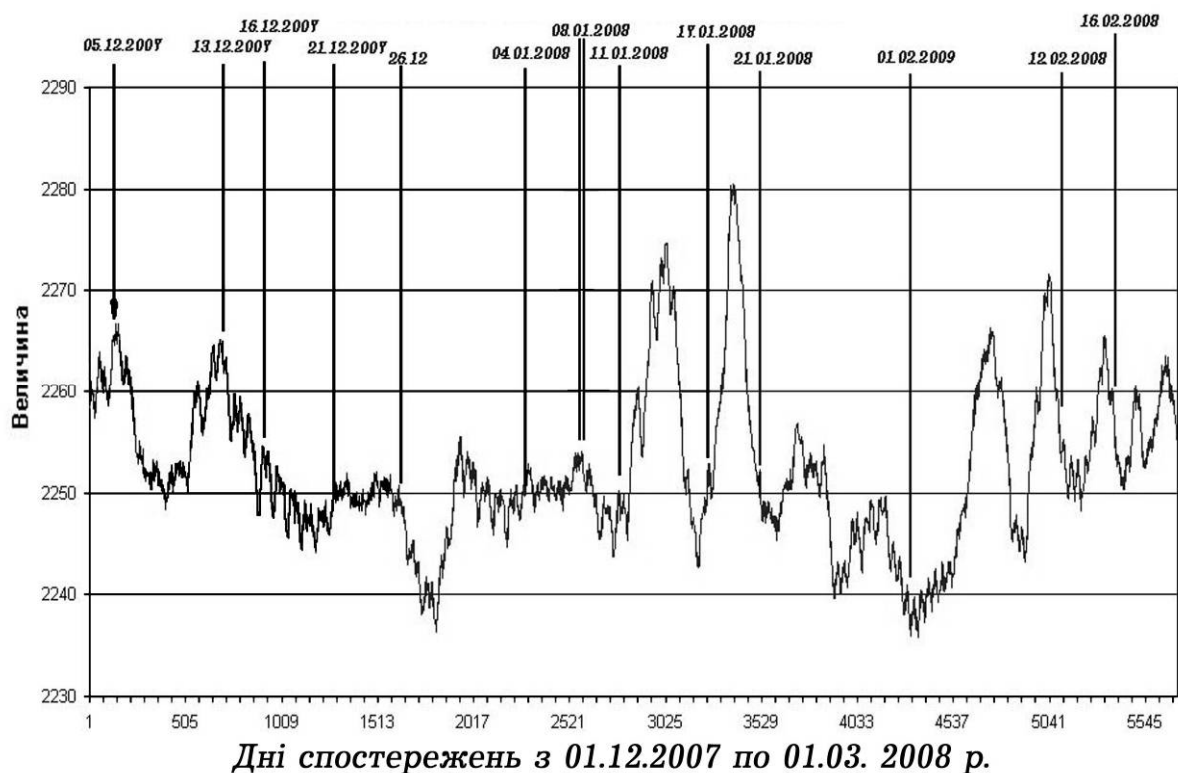


Рис. 3. Результати спостереження гідрогеодинамічного режиму підземних вод в свердловині м. Дніпропетровськ та їх зіставлення з викидами вугілля, породи та газу на шахтах Донбасу

Висновки. Отримані перші результати моніторингу при регіональному вивченню режиму підземних вод в асейсмічних регіонах України потребує подальшого дослідження особливостей ГД-поля з метою пошуків аномалій, які є не тільки передвісниками землетрусів, але і високоамплітудних короткоперіодних геодинамічних процесів, які є небезпечними для об'єктів надрокористування й народногосподарського плану. Найбільш негативну дію на останні будуть справляти саме високоінтенсивні короткоперіодні геодинамічні процеси, оскільки вони досягають аномально високих деформацій у зонах впливу великих розломів та зміни полів напруги.

З метою вивчення та оцінки сейсмо-гідро-екогеологічних умов геологічного середовища на південному сході України, а також в агломераціях пропонуються наступні види робіт: – розвиток мережі моніторингових спостережень за фізико-хімічними

властивостями підземних вод шляхом використання існуючих та додаткових розвідувально-експлуатаційних свердловин; – оцінка за допомогою моніторингових спостережень напружено-деформованого стану верхньої частини земної кори з метою вивчення процесів розвитку та руйнування існуючого ландшафту, підтоплень, зсувів, викидів в шахтах і інш. для оперативного прийняття рішень, для їх запобігання та при проектуванні попереджувальних заходів, при подальшому розвитку інфраструктури міських агломерацій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кутас В. В., Омельченко В. Д., Дрогицкая Г. М., Калитова И. А. Криворожское землетрясение 25 декабря 2007 г. // Геофиз. Журн. – 2009. – 31, № 1. – С. 42-52.
2. Пигулевский П. И., Берзенин Б. З., Кичурчак В. М. Результаты составления геолого-структурной карты докембрийских образований юго-восточной части Украинского щита. – К.: Геоінформ. 1999. – 198 с.
3. Пігулевський П. Г. Побудова моделі глибинної будови земної кори і верхньої мантії південно-східної частини Українського щита в М 1:500000. – К.: Геоінформ. 2003. – 253 с.
4. Выборсы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906-2007 гг. (Справочник) // Волошин Н. Е., Вайнштейн Л. А., Брюханов А. М., Куц О. А. Бойко Я. Н., Рубинский А. А., Ризниченко А. И. – Донецк: СПД Дмитренко. 2008. – 920 с.