

- exfiltration of underground waters in addition disturbance of engineering barriers part (in particular containers or packagings) as a result of groundwater level raising;
- change of groundwater regime as a result of construction of new water intake near storage;
- destruction of integrity of storage as a result fault dislocations;
- destruction of walls and internal engineering barriers (filling, insulating layer, etc.);
- destruction of integrity of storage roof and part of engineering barriers (including containers) as a result of fall of the flying device (the plane, helicopter, etc.);
- destruction of a part of engineering barriers as a result of the unauthorized drilling activities with the purpose of exploration activities or underground waters.

It is necessary to note, that the part of the analysis of safety is the analysis of performance. This operation examines variation of factors of natural environment connected to construction of storage. Mainly it concerns change of groundwater regime. Mathematical calculations of these changes are carried out; results are used for calculations of cases of the analysis of safety.

The forecast of migration of toxic substances from storage and the analysis of safety of a whole isolation system require using of model or different variations the system behavior (on the basis of the reliable initial data received for the selected site with the necessary detail).

Conclusion. The stated principles of a geological substantiation of a site selection for near surface disposal facility

of toxic wastes are the important part of methodology and strategy of creation of storages. In article generalization of methodology existing development is made; guidelines of the further methodology development of an estimation of the geological environment are given; stages of geological researches are allocated and ecological-geological criteria of a site selection for near surface disposal facility of toxic wastes in clay formations are developed. In territory of Ukraine geological conditions for the further researches within geological regions such as northern part of Black Sea Coast Depression, Volyno-Podolsk part Volyno-Podolsk plate, Steppe Crimea and Northwest Donbass are favorable.

1. Крайнов С.Р., Швець В.М. Гидрогеохимия. – М., 1992.
2. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М., 1982.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1999 році. – К., 2000.
4. Krushchov D.P., Cherevko I.A. Principles geological substantiation of site selection for near surface disposal facility of toxic wastes // Geol. jom. – 1998. – № 3/4. – P. 87–98.
5. Хрущов Д.П., Шехунова С.Б., Данишурка Н.А. Ізоляція радіоактивних і небезпечних відходів у геологічному середовищі: методологія та критерії вибору ділянок // Геологія в ХХІ столітті: Шляхи розвитку та перспективи. – К., 2001. – С. 311–322.
6. Хрущов Д.П., Яковлев Е.А. Эколого-геологические аспекты изоляции токсических отходов // Видання радіоактивних і токсичних відходів. – К., 1995. – С. 91–94.
7. Cope C., Fuller W., Willetts S. The scientific management of hazardous wastes. – Cambridge, 1983.
8. Dorhofer G. The role of natural geological barriers for the landfills site in Germany // Geoconfinement. – 1993. – Vol. 1. – P. 39–45.
9. Langer M. Safety concept and criteria for hazardous waste sites // Eng. Geol. – 1993. – Vol. 34. – P. 159–167.
10. Langer M. Engineering geology and waste disposal // Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. – Paris, 1995. – Vol. 51 (April). – P. 5–29.

Надійшла до редколегії 05.04.05

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.34.01: (551.14:551.243.5)

Г. Продайвода, д-р фіз.-мат. наук,
І. Байсарович, канд. геол.-мінералог. наук,
Т. Продайвода, бакалавр

ПРОБЛЕМИ ГЕОФІЗИКИ ТА ФЛЮЇДОДИНАМІКИ БЛОКОВО-ІЄРАРХІЧНОЇ СТРУКТУРИ ЛІТОСФЕРИ

Розглянуто методологічні принципи геофізичної діагностики геодинаміки блоково-ієрархічної структури літосфери. Наголошено, що основним об'єктом геофізичної діагностики мають бути структурні рівні мезо- й мікрорівня та їх динамічний флюїдний режим. Розсіювання енергії в літосфері супроводжується руйнуванням однієї щільної упаковки блоків та формуванням нової щільної упаковки блоків.

The methodological principles of geophysical diagnostics of block-hierarchical lithospheric structure geodynamics are under consideration. It is emphasised that the basic matter of geophysical diagnostics ought to be meso- and micro-levels of the structure and their dynamic fluid mode (regime). The energy dispersion in the lithosphere is accompanied by destruction of one dense blocks' packing and formation of a new dense packing of blocks.

Вступ. За минуле сторіччя геофізика пройшла знаний шлях розвитку від перших експериментів до потужної інформаційної індустрії дослідження Землі. Очевидна всезростаюча роль геофізики у вирішенні глобальних проблем виживання людства. Це вимагає, насамперед, необхідності корінного підвищення ефективності й надійності прогнозу природних і техногенних катастроф і екологічного стану довкілля та, відповідно, нових методологічних і теоретичних підходів до розробки інтерпретаційних геофізичних технологій результатів спостережень.

Основною вимогою до таких технологій має бути забезпечення можливостей дослідження механізму геодинамічних процесів, що спричиняють катастрофічні явища. При такому підході основною метою геофізичних досліджень має стати діагностика геодинамічного стану літосфери активними методами геофізичної то-

мографії, які аналогічні методам медичної й технічної томографії [17–19].

Застосування методів активної геофізичної томографії для моніторингу геодинамічних процесів у літосфері може забезпечити своєчасне запобігання тяжких наслідків від катастроф на небезпечних для проживання людей територіях подібно до того, як медична томографія рятує життя людей завдяки своєчасній і об'єктивній діагностиці хвороби. Про можливі масштаби стихійного лиха, за відсутності необхідних засобів попередження, всьому світу нагадали інтенсивний землетрус і цунамі, які відбулися 26 грудня 2004 року в Південно-Східній Азії та охопили близько 10-ти країн на гігантській території – від Малайзії до Африки та спричинили не лише матеріальні збитки, але найбільші за всю історію людські жертви – більше 226 тис. осіб.

Мета роботи. У статті розглядається новий методологічний підхід до діагностики геофізичних і геодинамі-

чних процесів у літосфері на основі механіки блокового середовища. Беручи до уваги, що більшість небезпечних природних і техногенних процесів у нелінійних блоково-ієрархізованих структурах збуджуються флуктуаціями напружень і теплових градієнтів, і не проявляються на тлі фонових процесів, обґрунтовується необхідність досліджень таких систем на мезо- та мікрорівні. Привертається увага до тісного взаємозв'язку між хвилюючими структурами, що впевнено реєструються сейсмічними й геоелектричними методами та флюїдодинамічним режимом земної кори.

Дилатансія та тріщинуватість. Згідно із сучасними уявленнями, Земля розглядається як гігантська відкрита самоорганізуюча нелінійна динамічна термогравітаційна система [13; 15]. Завдяки існуванню багатоступеневого тепло- та масопереносу вона постійно обмінюється з оточуючим її середовищем та енергією й речовиною. Особливістю такої системи є існування механізмів накопичення й розсіювання енергії, що сприяють циклічному наближенню її до деякого нового динамічного квазістаціонарного стану. Циклічні процеси накопичення й розсіювання енергії спричиняють фрагментацію земної кори на блоки [21].

Формування блоково-ієрархічної структури розглядається як яскрава ознака самоорганізації земної кори, тобто здатність її формувати таку структуру, яка забезпечує найбільш ефективне розсіювання енергії, що надходить [21]. Це проявляється в механічних переміщеннях і переупаковці блоків земної кори. Розрізняють чотири типи рухів літосфери [4; 8; 21]: 1) рухи блоків як жорстких тіл; хвилюві рухи; 2) сейсмічні хвилі, хвилі згину в плитах; 3) течія речовини: крип, квазіпластична течія; 4) переупаковка, зокрема, дилатансія.

Кожному із типів механічного руху літосфери може відповідати специфічний масштабний рівень у блочній ієрархії [14; 16]. По відношенню до деякого характерного розміру, який зв'язаний із фізичним методом вивченням явища (наприклад, довжиною сейсмічної хвилі), характерний масштабний рівень може відображати мікроструктуру, мезоструктуру або макроструктуру середовища [14; 16]. Якщо роль рухів літосфери перших трьох типів достатньо усвідомлена, то роль рухів четвертого типу, які відбуваються на мезо- і мікрорівнях, поки що недостатньо вивчена. Термін "дилатансія" був введений у 1885 р. О. Рейнольдсом [31] для характеристики особливої поведінки гранульованого середовища при його незворотній переупаковці.

Існує аналогія між поведінкою ґрунтів – при нормальних тисках і блоково-консолідованим середовищем – за великих дотичних напружень [4; 8]. Серед явищ, які спостерігаються при деформуванні ґрунтів, важливу роль відіграють різні способи зміцнення матеріалу (зокрема, дві модифікації дилатансійного зміцнення), знеміцнення при критичних напруженнях зсуву із переходом у стійку пластичну течію, зворотність переупаковок (дилатансії) у полі сили тяжіння. Із дилатансією пов'язують і деякі специфічні форми накопичення потенційної енергії.

В подальшому дилатансію будемо розуміти як явище зміни об'єму сипучого середовища при навантаженні зсуву (класична дилатансія – переупаковка зерен, блоків), так і зміну об'єму консолидованих блоків геологічного середовища внаслідок масового тріщиноутворення або закриття тріщин при зсуві (тріщинна дилатансія) [4]. Наслідком явища дилатансії є зміна структури блокового середовища. Проте, крихке руйнування відбувається лише тоді, коли інші механізми дисипації не встигають розсіювати лишок енергії. До таких процесів дисипації енергії можна віднести процеси течії геологічного середовища: крип, пластичну течію, або процеси

його структурних перетворень на мікро- і макрорівнях: метаморфізм і плавлення, переупаковка блоків та крихке руйнування блоків. Причому, найефективнішим засобом передачі механічної енергії в блоковому середовищі є рух жорстких блоків, який є причиною сейсмічної активності. До цієї ж категорії причин можна віднести і тектонічні процеси підняття й опускання.

В. Ніколаєвський [7; 8] узагальнив експериментальні дослідження механічного руйнування гірських порід і встановив границі пружного стану гірських порід, за якими починається процес внутрішнього попереднього руйнування (поява мікротріщин або розмноження дислокацій всередині окремих мінералів). Він звернув увагу при цьому на умовність терміну "пружний стан", оскільки його супроводжують дограничні непружні деформації, частіше всього зв'язані із частковим закриттям наявних раніше тріщин і пор, або ж із тріщинами, які виникли внаслідок наявності внутрішніх мікронеоднорідностей. Тому межа пружності вважається досягнутою, якщо непружні деформації стають такого ж порядку або переважають пружні. За межами пружності, яка складає від однієї третини до половини границі міцності зразка, за помірно високих тисків, у кристалічних гірських породах виникають великі дилатансійні деформації. Їх характерною особливістю (дотичні напруги призводять до незворотних об'ємних деформацій) є непружні зміни об'єму системи внутрішніх тріщин. Факт існування мікротріщин одразу за межею пружності нині є загальновизнаним. Тріщини відрізняються від дислокаційних типів дефектів наявністю не лише стрибкоподібних дотичних до їх поверхні переміщень, але й нормальних. Це і спричиняє кінематичний ефект – збільшення тріщинної пустотності. Орієнтація дилатансійних мікротріщин і характер руйнування гірської породи залежать від тиску та температури. За невеликих бокових тисків, виникаючі мікротріщини й макротріщини руйнування паралельні напрямку головних стискаючих напруг. При великих бокових обжимаючих тисках макротріщина орієнтована під кутом.

У гранітах і габро при тисках вище 0,2 ГПа і температурі 200° С формується розгалужена система тріщин, яка поступово концентрується в смугах локалізації деформацій, розвиток яких завершується створенням у їхній площині магістральної тріщини. Така поведінка спостерігається до тиску 0,5 ГПа і температурі 400 °С. За більш високих тисків і температур формування магістральних тріщин стає неможливим, оскільки сухе тертя на порядок перевищує міцність суцільного матеріалу. В сухих гранітах перехід від мікротріщинуватості всередині зерен до непружності, яка обумовлена дислокаційним механізмом, відбувається за температури 600 °С і майже не залежить від тиску. Що стосується міжзернових тріщин, то на них впливає і тиск і температура. За тиску 1 ГПа і температурі 600 °С (або 1,5 ГПа і 500 °С, або 0,6 ГПа та 700 °С) ці тріщини не виникають, а деформація зразка відбувається за рахунок дислокацій і ізованих мікротріщин всередині зерен. Зміна елементарних механізмів деформування свідчить про перехід при зазначених тисках і температурах від крихо-дилатансійного стану (псевдопластичного) до пластичного. При тривалих навантаженнях спостерігалось зростання дислокаційних деформацій і часом. Це явище називають крихо-дилатансійною повзучістю [8].

Оскільки в крихких тілах із появою сухого тертя вважається неможливою в'язко-пружна деформація, то ефект, що спостерігається, приписують дифузії вологи в системі тріщин. Експериментальні дослідження показують [29; 34; 35], що міцність волого-насичених гірських порід зменшується. Корозійні тріщини характеризуються повіль-

ним розвитком. Вони формуються за низьких температур (у гранітах при температурах менше 400°C), коли не переважає внутрішньокристалічна пластичність [29; 35].

Зіставлення сейсмічного розрізу стандартної континентальної земної кори зі зміною типів руйнування показало [8; 9], що спостерігається певна відповідність субгоризонтальних сейсмічних границь границям переходу від одного типу тріщинуватості до другого. Тобто, сейсмічні границі певною мірою відображають рівні зміни реологічної реакції гірських порід на руйнуючі навантаження. Ці геотектонічні рівні контролюють розвиток розломів і тріщинуватість, проникливість і інтенсивність переносу речовини в земній корі. Наявність хвильоводу із відкритою тріщинуватою пористістю, сприятливою для проникнення розчинів, може спричиняти як аномальні ефекти електропровідності, так і можливі формування на таких глибинах газо- та водовмісних структур. Важливим моментом є з'ясування ступеню взаємозв'язку хвильоводу із водонапірними горизонтами осадових порід.

За даними роботи [7], водоізолюючими властивостями (в глобальному масштабі) характеризується границя Мохо, яка відображає реологічний перехід гранітів в істинно пластичний стан, і, відповідно, у водонепроникний стан.

Хвильоподібні структури можуть бути як ізольованими від верхньої границі фундаменту, так і сполучені із нею. Флюїд, який вміщується у хвильоподібній структурі і розломі, може мати тиск, рівний, більший або менший гідростатичного, залежно від рівня фільтраційного опору мережі тріщин, а також від того, на якій стадії дилатансійного деформування ця мережа тріщин знаходиться (ущільнення або розущільнення). Нижче хвильоводу переважає руйнування типу псевдопластичної течії (катаклазу), що спричиняє формування розосередженої тріщинуватості. Розміри тріщин із глибиною зменшуються і зменшуються, ймовірно, і можливість дилатансійного генерування тріщин.

Дилатансійна анізотропія. Трикомпонентні сейсмічні спостереження над джерелами слабких землетрусів поблизу розлому в Туреччині дозволили [25] у межах "вікна" для хвиль поперечної поляризації встановити розщеплення хвиль поперечної поляризації із досить стійкою їх орієнтацією. Площина поляризації "швидкої" поперечної хвилі виявилася паралельною напрямку максимального горизонтального стискання вздовж всієї зони цього розлому. Сейсмограми свідчать про анізотропію в межах усього регіону, що оточують джерела землетрусів, а не лише поблизу ділянок концентрації напружень безпосередньо розташованих поблизу землетрусів.

Паралельна орієнтація площин поляризації поперечних мод і деякі інші особливості запису сейсмограм добре узгоджуються із моделлю вертикально розташованих паралельних, заповнених водою мікротріщин, простягання яких перпендикулярно мінімуму горизонтального стискання.

Явище розщеплення хвиль поперечної поляризації спостерігається в текстурованих гірських породах із кристалографічною орієнтацією зерен мінералів, орієнтацією їх за формою та з орієнтацією мікротріщин [1; 12; 14; 16]. Акустопружні ефекти спостерігаються в мікротріщинуватому середовищі, що знаходиться в напруженому стані [14; 20].

За даними сейсмічних спостережень С. Кремпіна [14; 25] у верхній частині земної кори існує екстенсивна анізотропія дилатансії, яка обумовлена індукційованими напруженим станом тріщинами. Тріщини орієнтовані, як правило, вертикально і перпендикулярно до мінімальних (горизонтальних) стискаючих напружень.

Тріщинуватість і флюїдодинаміка. Значний вплив на механізм дисипації енергії геологічного середовища спричиняє флюїдний режим земної кори. Зокрема, ви-

никнення надлишкового порового тиску під дією флюїдних потоків (із областей розігрівання), термопружні напружки та зміни об'єму внаслідок внутрішньокорового метаморфізму й магматизму.

Процеси флюїдодинаміки в літосфері відіграють надзвичайно важливу роль у багатьох геологічних і геофізичних явищах. Присутність або відсутність води має значний вплив на діючі механізми, що спричиняють деформації гірських порід. Причому характер поведінки гірських порід (крихкий або пластичний) залежить від конкретних умов деформування. Циркуляція води в кристалічних породах здійснює великий вплив на теплові потоки.

Глибоке розуміння флюїдо- та газодинаміки в літосфері є надзвичайно важливим для вирішення декількох вагомих і взаємопов'язаних питань: На яких глибинах присутня вільна вода? Які значення порового тиску на цих глибинах? Яка проникливість для флюїдів на цих глибинах?

Відповіді на ці питання ґрунтуються на побічних даних, оскільки відомі результати вимірювань гідрогеологічних властивостей земної кори прямими методами обмежуються глибинами до 11400 м (Кольська надглибока свердловина).

Ізотопні дослідження батолітів свідчать, що атмосферна вода може циркулювати на глибинах до 10–20 км. Деякі результати глибинного електромагнітного зондування літосфери свідчать про існування зон зниженого електричного опору. Ряд дослідників вважає, що можливою причиною підвищеної електропровідності може бути існування зв'язаної тріщинуватості, яка заповнена водою [2; 3; 23; 27; 33]. Ці припущення можуть мати місце і підтверджуються лабораторними дослідженнями електричних властивостей гірських порід [30; 32]. За даними сейсмічних досліджень у земній корі існують зони знижених швидкостей, в яких поровий тиск більший гідростатичного [24], що узгоджується експериментальними дослідженнями швидкостей пружних хвиль на зразках гірських порід, наведених у роботі [29].

А. Каракін [5, 6] запропонував концепцію взаємозв'язку тріщинуватості структури та флюїдного режиму земної кори. При існуючих тектонічних напруженнях у земній корі переміщення вздовж пружно-крихких тріщин, розломів і тріщинуватих шарів різних масштабів неминуче приводять до виникнення дилатансійних ефектів. Останні знижують поровий тиск у тріщинах і створюють великі градієнти тиску, які співрозмірні із силою тяжіння флюїду. Це може спричинити переміщення флюїду як по вертикалі, так і по горизонталі на значні відстані. Крім того, важливою особливістю пружно-крихкого процесу руйнування є можливість концентрації напружень. У вершинах тріщин на субатомних відстанях виникають такі напружки, які на багато порядків перевищують градієнти середніх напруг у земній корі.

Ці процеси відіграють важливу роль у трансформації енергетичних потоків. Тріщинуваті шари (хвильоводи) в земній корі представляють своєрідною "кухнею", в якій здійснюються геодинамічні перетворення геологічного середовища. Роль флюїдів у цих шарах і за їх межами зводиться до того, щоб виносити із цих тріщинуватих шарів новоутворення розчинених речовин. Сама тріщинувата структура хвильоводу знаходить своє пояснення із аналізу міцнісних властивостей і характеру руйнування геологічного середовища [18; 19].

Висновки. Згідно із концепцією фізичної мезомеханіки [4; 10; 11], безпосередньо перед руйнуванням реальних неоднорідних матеріалів спочатку формується специфічна мезоструктура, яка складається з чергування більш міцних доменів і областей (смуг) текучості. Домени зазнають обертальних (поряд із поступальними) рухів, або точніше – вони "перекочуються". Отже, основними видами деформації на рівні мезоструктури – зсув (течія) і обертання (кочення).

Крихкому руйнуванню передують інтенсивні пластичні процеси, що обумовлюється ієрархічною блочною структурою геологічного середовища на самих нижніх рівнях ієрархії (від зерна до текстури та структури). З цієї позиції концентраційний критерій руйнування [22] пояснюється не лише (і не скільки) тим, що підвищенні напруги, які концентруються на вістрях тріщин, але і тим, що від кінців виникаючих тріщин розповсюджуються фронти дефектності, які підготовляють середовище до руйнування.

Жорсткі блоки геологічного середовища можуть утворювати структури каркасного типу, яка забезпечує відносно стабільне існування більш "м'яких" (в тому числі пластичних) блоків [4].

Сценарій руйнування геологічного середовища може бути обумовлений різними чинниками: 1) типом напруженого стану; 2) швидкістю деформації середовища; 3) конкретно-блоково-ієрархічною структурою; 4) розподілом неоднорідностей за механічними властивостями; 5) градієнтом температур; 6) флюїдним режимом.

Блоково-ієрархічна структура земної кори – не лише арена, на якій розгортаються геодинамічні процеси, але й активний учасник цих процесів. Вона відіграє основну роль і в транспорті енергії та флюїдів у земній корі, і в формуванні специфічної мезоструктури, передуючої руйнуванню. Процес розсіювання енергії супроводжується руйнуванням однієї щільної упаковки блоків і формуванням нової щільної упаковки блоків.

Основним об'єктом геофізичної діагностики геодинаміки блоково-ієрархічної структури літосфери мають бути об'єкти її мезо- й мікрорівня та їх динамічний флюїдний режим.

1. Александров К.С., Продайвода Г.Т. Анизотропия упругих свойств минералов и горных пород. – Новосибирск, 2000. 2. Ваньян Л. О природе электропроводности активизированной земной коры // Физика Земли. – 1996. – № 6. 3. Ваньян Л.Л., Шиловский П.П. Электропроводность и флюидонасыщенность земной коры // Астеносфера по комплексу геофизических методов. – К., 1988. – С. 20–25. 4. Гольдин С.В. Дилатансия, переупаковка и землетрясение // Физика Земли. – 2004. – № 10. 5. Каракин А.В. Модель движения флюидов за геологические отрезки времени // Математическое моделирование. – 199. – Т. 2. 6. Кузнецов О.Л., Каракин А.В. Концепция трещиноватой структуры и флюидного режима в верхней коре // Геоинформатика. – 2002. – № 3. 7. Николаевский В.Н. Граница Мохоровичича как предельная глубина хрупко-дилатансионного состояния горных пород // Докл. АН СССР. – 1979. – Т. 249, № 4. – С. 817–821. 8. Николаевский В.Н. Обзор: земная кора, дилатансия и

землетрясения // Райс Дж. Механика очага землетрясения. – М., 1982. – С. 133–215. 9. Николаевский В.Н., Шаров В.И. Разломы и реологическая релаксация земной коры // Физика Земли. – 1985. – № 1. 10. Панин В.Е., Гриняев Ю.В. Структурные уровни пластической деформации и разрушение. – Новосибирск, 1990. 11. Панин В.Е. Синергетические принципы физической мезомеханики // Физическая мезомеханика. – 2000. – Т. 3, № 6. 12. Продайвода Г.Т. Розщеплення і зміна поляризації об'ємних пружних хвиль у гірських породах // Вісн. Київ. ун-ту. Науки про Землю. – 1994. – Вип. 2. – С. 77–82. 13. Продайвода Г.Т. Сучасна модель глобальної еволюції Землі і геодинаміки // 36. наук. пр. Київ. ун-ту. – 1995. – Вип. 2. – С. 115–130. 14. Продайвода Г.Т. Основи сейсмоакустики. – К., 2001. 15. Продайвода Г.Т. Глобальна самоорганізація Землі // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2001. – Вип. 19. – С. 3–8. 16. Продайвода Г.Т. Акустика текстур гірських порід. – К., 2004. 17. Продайвода Г.Т., Вижева С.А. Проблеми геофізичного моніторингу небезпечних природних і техногенних явищ // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2001. – Вип. 19. – С. 8–15. 18. Продайвода Г.Т., Вижева С.А. Проблеми геофізики природних і техногенних катастроф. – Наук. записки Київ. ун-ту. – 2004. – Т. III. – С. 162–169. 19. Продайвода Г.Т., Вижева С.А. Проблеми комплексної геодинамічної інтерпретації даних геофізичного моніторингу природних і техногенних процесів // Доп. НАН України. – 2004. – № 3. – С. 121–127. 20. Продайвода Г.Т., Маслов Б.П., Вижева С.А. Акустоупругі ефекти в мікротрещиноватій геологічній середі // Геофізический журн. – 2001. – Т. 23, № 5. 21. Садовский М.А., Болховитиков Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойстве дисперсности горных пород // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1982. – № 12. – С. 3–18. 22. Соболев Г.А., Завьялов А.Д. О концентрационном критерии сейсмогенных разрывов // Докл. АН СССР. – 1980. – Т. 252, № 1. – С. 69–71. 23. Шмонов В.М., Витовтова В.М. Взаимосвязь электропроводности и проницаемости в условиях континентальной земной коры // Физика Земли. – 2000. – № 3. 24. Berry M.J., Mair J.A. The nature of the earth's crust in Canada // The Earth's Crust: Its Nature and Physical Properties: Geophysics Monogr. Ser., V. 20 / Ed. by J.G. Heacock. – Washington, 1977. – Н. 319–348. 25. Crampin S. Geological and Industrial Implications of Extensive – Dilatancy Anisotropy // Nature. – 1987. – Vol. 328, № 6130. – P. 491–496. 26. Kranz R.L. Crack growth and development during Creep of Barre Grate // Int. J. Rock Mech. Sci. Geomech.: Abst. – 1979. – Vol. 16. – H. 23–25. 27. Nekut A., Connerney J.E.P., Kuckes A.F. Deep crustal electrical conductivity: Evidence for water in the lower crust // Geophys. Res. Lett. – 1977. – V. 4. – P. 239–292. 28. Norton D., Taylor H.P. Quantitative simulation of the hydrothermal systems of crystallizing magmas on the basis of transport theory and oxygen isotope date: An analysis of the Skaergaard intrusion // J. Petrol. – 1979. – V. 20. – P. 421–486. 29. Nur A., Simmons G. The effect of saturation on velocity in low porosity rocks // Earth Planet. Sci. Lett. – 1969. – № 7. – P. 183–193. 30. Olhoeff G.R. Electrical properties of granite with implications for the lower crust // J. Geophys. Res. – 1981. – V. 86. – P. 931–936. 31. Reynolds O. On the dilatancy of media composed of rigid particles in contact // Philos. Mag. – 1885. – V. 20, № 127. 32. Shankland T.J., Ander M.E. Electrical conductivity, temperature, and fluids in the lower crust 117 // Geophys. Res. – 1983. – V. 88. – P. 9475–9484. 33. Thompson A.B. Fluid-absent metamorphism // J. Geol. Soc. – London, 1983. – V. 140. – P. 533–547. 34. Walder J., Nur A. Porosity Reduction and Crustal Pore Pressure Development // J. Geophys. Res. – 1984. – № 13. 35. Waza T., Kuzita K., Mizutani H. The effect of water on subcritical crack growth in silicate rock // Tectonophysics. – 1980. – V. 67.

Надійшла до редколегії 20.06.05

УДК 551.8: 631.41

Ж. Матвіїшина, д-р геогр. наук,
Ю. Дмитрук, канд. с.-г. наук,
К. Бондар, канд. геол. наук

АНАЛІЗ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОХОВАНИХ ГОРИЗОНТІВ РОЗРІЗУ "В'ЯЗИВОК"

Встановлено особливості вмісту важких металів та їх розподілу в похованих ґрунтах і відкладах розрізу "В'язівка". Вивчено деякі магнітні властивості похованих ґрунтів розрізу.

The feature of heavy metals content and distribution and some magnetic properties of buried soils from Vyazivok section were investigated.

Вступ. Моніторинг об'єктів геосфери неможливий без параметрів просторово-часової організації. Тому надзвичайно важливо оперувати даними про кількості важких металів (ВМ) у минулі геологічні періоди. Зважаючи на високу палеокліматичну інформативність магнітної сприйнятливості та інших магнітних властивостей лесово-ґрунтових формацій [3] зроблено спробу зіставлення їх з розподілом ВМ. З цією метою характеризуються зміни вмісту хімічних елементів і магнітних властивостей у відомому геологічному об'єкті – "В'язівка", повна характеристика якого наведена у численних друкованих роботах.

Об'єкти та методика дослідження. Нами для дослідження використано показники розчистки № 1 – Борисенково провалля [2]. Проте відомостей про геохімію ґрунтів і відкладів минулих періодів немає. Тому метою роботи є встановлення закономірностей валового вмісту та розподілу окремих ВМ. Для цього відбиралися зразки ґрунтів від поверхні до глибини 960 см з інтервалом у кожні 10 см. На цих глибинах послідовно розміщуються: сучасний сірий лісовий ґрунт (hl), бузький лес (bg), вітачівські ґрунти (vt), удайський лес (ud) і прилуцький (pl) ґрунти (табл. 1). Валовий вміст ВМ визначався методом атомно-адсорбційної спектrophотометрії (спектрофотометр КАС-120 М1). Математич-

© Ж. Матвіїшина, Ю. Дмитрук, К. Бондар, 2006