

УДК 504+550+551+552+624

Наведено результати геологічних, стратиграфічних, палеонтологічних, гідрогеологічних, геофізичних та геоінформаційних досліджень викладачів та наукових співробітників геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Для викладачів, наукових співробітників, аспірантів і студентів.

Приведены результаты геологических, стратиграфических, палеонтологических, гидрогеологических, геофизических и геоинформационных исследований преподавателей и научных сотрудников геологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко.

Для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов

Visnyk deals with results of geological, stratigraphic, paleontological, hydrogeological, geophysical and geoinformational investigations carried out by lectures and scientific researches of geological faculty, Kyiv Taras Shevchenko University.

For scientists, professors, aspirants and students.

Відповідальний за випуск О.І. Меньшов

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР	С.А. Вижва, д-р геол. наук, проф.
РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ	І.М. Безродна, канд. геол. наук, с.н.с. (заст. відп. ред.); О.І. Меньшов, канд. геол. наук (відп. секр.); В.Ф. Грінченко, д-р геол. наук, проф.; В.М. Гулій, д-р геол. наук, проф.; М.Н. Жуков, д-р геол. наук, проф.; В.М. Загнітко, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; О.М. Іванік, д-р геол. наук, доц.; О.М. Карпенко, д-р геол. наук, проф.; М.М. Коржнев, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; І.М. Корчагін, д-р фіз.-мат. наук; О.Є. Кошляков, д-р геол. наук, доц.; В.М. Курганський, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; О.І. Лукієнко, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; Б.П. Маслов, д-р фіз.-мат. наук, проф.; О.Ю. Митропольський, чл.-кор. НАН України, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; О.В. Митрохин, д-р геол. наук, доц.; В.А. Михайлов, д-р геол. наук, проф.; В.А. Нестеровський, д-р геол. наук, проф.; В.В. Огар, д-р геол. наук, доц.; В.І. Павлишин, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; Г.Т. Продайвода, д-р фіз.-мат. наук, проф.; М.І. Толстой, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; Ю.К. Тяпкін, д-р фіз.-мат. наук, проф.; В.В. Шевчук, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; С.Є. Шнюков, д-р геол. наук, доц.; В.М. Шуман, д-р фіз.-мат. наук, проф.; М.А. Якимчук, д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАН України.
Адреса редколегії	03022, Київ-22, ГСП-1, вул. Васильківська, 90; ☎ (38044) 259 70 30
Затверджено	Вченою радою геологічного факультету 22 лютого 2012 року (протокол № 9)
Атестовано	Вищою атестаційною комісією України. Постанова Президії ВАК України № 1–05/6 від 12.06.02
Зареєстровано	Міністерством юстиції України. Свідоцтво про Державну реєстрацію КВ № 16181–4653Р від 25.12.09
Засновник та видавець	Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет" Свідоцтво внесено до Державного реєстру ДК № 1103 від 31.10.02
Адреса видавця	01601, Київ-601, 6-р Т.Шевченка, 14, кімн. 43 ☎ (38044) 239 3172, 239 3222; факс 239 3128

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

Шевчук В. Співвідношення протерозойського автохтонного гранітоутворення та деформаційних процесів в межах Тальнівської зони розломів (Український щит).....	5
Гуда О. Порівняння факторів формування селевих процесів в басейні річки Тиса (Закарпаття)	8

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

Митрохіна Т. Особливості хімічного складу титаноносних габроїдів Коростенського плутону	12
Омельченко А. Вікові групи сублужних базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку Українського щита.....	14

ГЕОФІЗИКА

Безродний Д. Технологія дослідження пружної анізотропії гірських порід для вирішення геологічних задач	17
Безродна І., Демченко О. Вивчення акустичних властивостей теригенних порід в умовах змінного тиску (на прикладі свердловин Волино-Подільського регіону)	21
Меньшов О., Круглов О., Сухорада, А., Хоменко Р. Ультрадетальна магнітометрія природних систем. Економічні та аграрні аспекти.....	24
Левашов С., Якимчук М., Корчагін І. Застосування мобільних геофізичних технологій для оперативної оцінки перспектив нафтогазоносності та рудоносності на регіональному та локальному етапах досліджень	26
Бондаренко М., Кулик В., Кетов А., Дейнеко С., Іващенко С. Визначення параметрів техногенних і природних ґрунтів комплексом радіоізотопного каротажу (на прикладі золотодобувів Трипільської ТЕС).....	30

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Бочевар Р., Коденко Л. Геолого-економічна оцінка магnezійних руд та перспективи освоєння Капітанівського родовища	33
Жикаляк М. Сучасні тенденції сталого розвитку надрокористування у мінерально-сировинних центрах економічного зростання	36

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

Кошляков О., Диняк О., Кошлякова І. Виснаження та забруднення питних водоносних горизонтів в умовах інтенсивної експлуатації на території м. Києва	38
Захарій Н., Курило М. Комплексний аналіз небезпечних змін геологічного середовища на прикладі вугледобувного регіону Західного Донбасу.....	42
Давибіда Л. Довгостроковий регіональний прогноз і картування природного режиму рівнів ґрунтових вод (на прикладі територій окремих адміністративних областей)	45

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

Продайвода Г., Вижва С., Онанко Ю., Онанко А. Автоматизована система обробки результатів вимірювань швидкостей пружних хвиль в породах-колекторах інваріантно-поляризаційним методом.....	48
Вижва З., Демидов В., Вижва А. Статистичне моделювання випадкових процесів та двовимірних полів в аеромагнітометрії	52

ПОДІЇ

Божежа Д. Діяльність Українського осередку EAGE за підсумками 2010 року визнана найкращою	55
---	----

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Шевчук В.В.

Соотношение протерозойского автохтонного гранитообразования и деформационных процессов в пределах Тальновской зоны разломов (Украинский щит)5

Гуда О.

Сравнение факторов формирования селевых процессов в бассейне реки Тиса (Закарпатье)8

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

Митрохина Т.

Особенности химического состава титаносиликатных габброидов Коростенского плутона.....12

Омельченко А.

Возрастные группы субщелочных базитовых даек восточной части Волынского мегаблока Украинского щита.....14

ГЕОФИЗИКА

Безродный Д.

Технология исследования упругой анизотропии горных пород для решения геологических задач.....17

Безродная И., Демченко А.

Изучение акустических свойств терригенных пород в условиях переменного давления (на примере скважин Волюно-Подольского региона).....21

Меньшов А., Круглов А., Сухорада А., Хоменко Р.

Ультраточная магнитометрия природных систем. Экономические и аграрные аспекты24

Левашов С., Якимчук Н., Корчагин И.

Применение мобильных геофизических технологий для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности на региональном и локальном этапах исследований.....26

Бондаренко М., Кулик В., Кетов А., Дейнеко С., Иващенко С.

Определение параметров техногенных и природных почв комплексом радиоизотопного каротажа (на примере золоотвалов Трипольской ТЭС).....30

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Бочевар Р., Коденко Л.

Геолого-экономическая оценка магнетицитовых руд Капитановского месторождения33

Жикаляк М.

Современные тенденции устойчивого развития недропользования в минерально-сырьевых центрах экономического роста36

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Кошляков А., Дыняк О., Кошлякова И.

Истощение и загрязнение питьевых водоносных горизонтов в условиях интенсивной эксплуатации на территории г. Києва38

Захарий Н., Курило М.

Комплексный анализ опасных изменений геологической среды на примере угледобывающего региона Западного Донбасса42

Давыбида Л.

Долгосрочный региональный прогноз и картирование естественного режима уровней грунтовых вод (на примере территорий отдельных административных областей).....45

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Продайвода Г., Выжва С., Онанко Ю., Онанко А.

Автоматизированная система обработки результатов измерений скоростей упругих волн в породах-коллекторах инвариантно-поляризационным методом48

Выжва З., Демидов В., Выжва А.

Статистическое моделирование случайных процессов и двумерных полей в аэромагнитометрии52

СОБЫТИЯ

Божежа Д.

Деятельность Украинского центра EAGE по итогам 2010 года признана лучшей55

CONTENTS

GENERAL AND HISTORICAL GEOLOGY

Shevchuk V. Interrelations between autochthonous Proterozoic granite formation and deformation processes in Talniv fault zone (Ukrainian Shield)	5
Guda O. Comparison of the factors of debris flows formation in Tysa river Basin (Zakarpatska area).....	8

MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND PETROGRAPHY

Mitrokhina T. Chemical compound features of Ti-bearing gabbroids of Korosten plutone.....	12
Omelchenko A. Age groups of subalkaline basic dike of the Eastern part of the Volhinia megablock of the Ukrainian shield	14

GEOPHYSICS

Bezrodny D. Technology of elastic anisotropy study of rocks for solving geological problems.....	17
Bezrodna I., Demchenko O. Investigations of the acoustic properties of terrigenous rocks in a changing pressure (on an example of Volyn-Podilsky region wells).....	21
Menshov O., Sukhorada A., Kruglov O., Homenko R. Ultradetailed magnetometry of environment. Economic and agricultural aspects	24
Levashov S., Yakimchuk N., Korchagin I. Mobile geophysical technologies using for express assessment of the oil, gas and ore prospects at the regional and local stages of investigations	26
Bondarenko M., Kulyk V., Ketov A., Deineko S., Ivaschenko S. Determination of parameters of technogenic and natural soils by complex of radioisotope logging (by the example of ash dumps of Trypillian heat power station)	30

MINERAL RESOURCES

Bochevar R., Kodenko L. Geological-economical estimation of the magnesium ores of the Kapitanivske deposit	33
Jikalak M. Modern trends of the sustainable development of subsoil using at the mineral-resources centres of economical growth.....	36

HYDROGEOLOGY, ENGINEERING AND ECOLOGICAL GEOLOGY

Koshlyakov A., Dynyak A., Koshlyakova I. Depletion and contamination of drinking water aquifers under intensive exploitation on the territory of Kyiv	38
Zakcharyi N., Kurylo M. Complex analiz of the dangerous changes of the geological surrounding on an example of the Western Donbass coal region	42
Davybida L. Long-term regional forecaste and mapping of natural regime of groundwater levels (on example of areas of some administrative regions)	45

GEOLOGICAL INFORMATICS

Prodayvoda G., Vyzhva S., Onanko Y., Onanko A. Automated system of results treatment of ultrasonic measurements of elastic waves velocities in rock-reservoirs by invariant-polarize method	48
Vyzhva Z., Demidov V., Vyzhva A. Statistical modeling of random process and two- dimension fields on example of aeromagnetic data	52

EVENTS

Bojeja D. Activity of the Ukrainian EAGE Local Chapter in 2010 is the best	55
--	----

СПІВВІДНОШЕННЯ ПРОТЕРОЗОЙСЬКОГО АВТОХТОННОГО ГРАНІТОУТВОРЕННЯ ТА ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В МЕЖАХ ТАЛЬНІВСЬКОЇ ЗОНИ РОЗЛОМІВ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.І. Толстим)

На прикладі Тальнівської зони розломів показана багатостадійність протерозойського структуроутворення із зміною в часі реологічних механізмів, аргументується тісний взаємозв'язок деформаційних процесів та автохтонного двопольово-вошпатового гранітоутворення, проявлений формуванням специфічних мілонітових, мігматитових та граніто-гнейсових монокліналей. На основі виділених в межах Тальнівської зони розломів різновікових структурних парагенезисів показана стадійність та динамо-кінематичні умови структуроутворення.

The multi-stage formation of the Proterozoic structure formation with the changed rheological mechanisms has been showed on the base of Talniv fault zone. The strong interrelations between deformation processes and autochthonous two-feldspathic granite-formation have been proved. They were displayed by essential mylonite, migmatite, and granite-gneiss monocline formation. The stage formation and dynamo-cinematic conditions of structure formations based upon structural-paragenetic research in Talniv fault zone have been showed.

Постановка проблеми. Сучасний етап вивчення тектоніки Українського щита (УЩ) відзначається практично загальним визнанням мегаблокової його будови [1, 2, 6]. Попри певні розбіжності, автори останніх тектонічних схем визнають поділ щита на шість мегаблоків, котрі своєю чергою фрагментовані сіткою різнорангових розломів. Тривала геологічна історія УЩ, як і інших щитів древніх платформ, поділяється на ряд етапів, позначених формуванням виразних різновікових структурно-формаційних комплексів (СФК), певні комбінації (набори) яких обумовлюють головні особливості мегаблоків та відмінності між ними [4, 5]. Обмеження мегаблоків не завжди співпадають із розповсюдженням тих чи інших СФК, що свідчить про суттєві розбіжності у будові щита на різних етапах його розвитку. Прийняті на сьогодні обмеження мегаблоків розломної природи склалися головно під час протерозойської тектоно-магматичної активізації, найважливішими проявами якої була надзвичайно висока активність диференційованих тектонічних рухів та масове двопольово-вошпатове гранітоутворення. Серед протерозойських гранітоїдів потужно представлені як алохтонні метамагматичні утворення, що складають інтрузивні тіла різних форм і розмірів, так і автохтонні палінгенно-метасоматичні та палінгенно-інтрасоматичні мігматитові та граніто-гнейсові утворення. Питання тектонічної позиції тих та інших, характеру зв'язків речовинних перетворень та деформаційних процесів, механізмів метаморфогенного та магматогенного структуроутворення, як в межах мегаблоків УЩ, так і в їхніх розломних обмеженнях, завжди відзначались особливою проблематичністю і досі належать до найбільш дискусійних.

Об'єкти, завдання та методи досліджень. Сприятливими для досліджень є добре відслонені розломні зони тривалого розвитку із особливо контрастними структурними і речовинними перетвореннями різновікового субстрату. Однією із найбільш виразних і важливих для з'ясування ранньодокембрійської історії щита визнається Голованівська шовна зона, обмежена з північного заходу Тальнівською (ТЗР), а зі сходу – Первомайською зонами розломів [2, 9]. Саме на прикладі ТЗР та деяких інших розломних зон УЩ розв'язувались питання співвідношення у часі і просторі структурних і речовинних перетворень архейського субстрату під час протерозойської ТМА. Зазначимо також, що структурне і петрологічне різноманіття протерозойських гранітоїдних комплексів обумовлює необхідність комплексного підходу до розв'язку означених питань із залученням структурно-парагенетичного аналізу, відповідних тектонофізичних та петроструктурних методів.

Особливості протерозойського структуроутворення в межах ТЗР. ТЗР – структура тривалого розвитку. На користь архейського закладення розлому можуть свідчити фрагментарні дані щодо північно-східного простягання директивних текстур в утвореннях архейських СФК, зокрема, у діафторованих в умовах амфіболітової фації тектонітах по гранулітових утвореннях дністровсько-бузької серії. Однак, за даними багатьох дослідників, найпотужніші деформаційні і речовинні перетворення, результати яких знайшли яскраве відображення у регіональній структурі, відбувалися саме на протерозойському етапі розвитку. ТЗР у її протерозойському виразі не є граничною структурою, вона не розмежовує різновікові структурно-формаційні комплекси, накладаючись у південному своєму фрагменті на гранулітові утворення дністровсько-бузької серії, що зазнали амфіболітового діафторезу і гранітизації у зв'язку з формуванням плагіограніт-амфіболітового структурно-формаційного комплексу, та на власне плагіограніт-амфіболітові утворення тикицької серії у північному фрагменті. Окремі їх різновікові компоненти, глибоко проникаючи у суміжні блоки, розширюють сферу впливу ТЗР на регіональну структуру. Що ж до стрижневої (шовної) зони ТЗР, то вона характеризується по-різному, зазвичай, увага концентрується на елементарних розломах, проявлених різноманітними тектонітами (катаклазитами, мілонітами, бластомілонітами тощо), що формуються по різному субстрату, у тому числі по протерозойських гранітоїдах. Разом з тим, процеси автохтонного протерозойського гранітоутворення синхронні із перманентними структурно-деформаційними перетвореннями, причетні до формування особливих шовних тіл, складених жильно-смуғастими, сланцюватосмуғастими та порфіробластичними тектонітами, мігматитами і граніто-гнейсами із витриманим моноклінальним заляганням. Саме такі тіла, класифіковані як мілонітові, мігматитові та граніто-гнейсові моноклінали, котрі кулісоподібно підставляючи одна другу, сукупно трасують доволі широку смугу (до 10–15 км), яка власне й ідентифікується як шовна зона Тальнівського розлому [10, 11]. Транзитний по усьому простеженому простяганні ТЗР мають мігматитові і граніто-гнейсові моноклінали, що різняться між собою хіба що ступенем переробки субстрату та інтенсивністю розвитку кварц-калішпатової мінеральної асоціації. Складені вони смугастими мігматитами і сланцюватими граніто-гнейсами, різною мірою насиченими жильними тілами строкатих апліт-пегматоїдних гранітів, мають характерну потужність від перших метрів до декількох десятків метрів. Їх

розділяють ділянки практично не зміненого або відносно слабо гранітизованого субстрату, зазвичай із поступовими переходами і повним співпадінням директивних текстур тектонічного походження. Натомість пізньо- і постгранітаційні мілонітові моноклінали мають локальний розвиток вже в межах граніто-гнейсових та мігматитових. Вони складені смугастими бластомілонітами, ультрамілонітами та псевдотахілітами, часто порфірокластичними. За заляганням площинних текстур мілонітові моноклінали, на загал, співпадають із граніто-гнейсовими, хоча високопорядкові сколові структури, особливо пізні, в їх межах часто орієнтовані під певними кутами до генеральної структури ТЗР. По-суті, лише мігматитові і граніто-гнейсові структури, узагальнено назовем їх граніто-гнейсовими монокліналами (ГГМ), у своїй сукупності формують шовну зону ТЗР і, вірогідно, можуть вважатись структурами першого порядку. Генеральне простягання шовної зони доволі витримане – 30–40°, з локальними відхиленнями в межах 20–50°. Падіння визначальних директивних текстур зазвичай субвертикальне (70–90°) південно-східне або північно-західне. У поперечних розрізах шовної зони ТЗР вздовж річок Рось, Гнилий Тікич, Гірський Тікич, Ятрань, Ревуха та вздовж долини р. Синюха у нижній її течії фіксується різна кількість ГГМ, хоча деякі з них мають значну протяжність.

При принциповій співставимості особливостей складу і будови усіх ГГМ вони мають певні розбіжності, що обумовлено передусім суттєвою різницею у формаційних і структурних особливостях субстрату двопольовошпатової гранітазації, а також дещо різними динамокінематичними умовами супутнього структуроутворення. Так, південний фрагмент ТЗР закладається по гранулітовим СФК, в той час як північний – по плагіограніт-амфіболітовому СФК. Використовуючи характерні метасоматично-інтрасоматичні та палінгенні утворення – прояви єдиного палео-мезопротерозойського активізаційного процесу як вікові репери, показники РТ-умов та напружено-деформаційних станів, можна відтворити характер співвідношень між деформаційними та речовинними перетвореннями.

Двопольовошпатовому гранітоутворенню повсюдно передують потужна деструкція субстрату. Завдяки крихкопластичним деформаціям породи субстрату катаклазовані і мілонітизовані, отримують хаотичну будову, у бластокатаклазитах та бластомілонітах переважають брекчієвидні та плямисті текстури, локально проявлені дрібні складчасті форми, структури вихору. Місцями по слабосланцюватих плагіогнейсах у зв'язку із розвертанням елементарних мілонітових просічок в ході перманентної пластичної деформації формується лінзовидно-груболітнна текстура, ускладнена мікроскладчастістю волочіння. Поступово, з розвитком суттєво калішпат-кварцевого метатекстури і перманентною перекристалізацією катаклазитів і мілонітів, посилюється процес формування виразної планарної текстури із витриманим заляганням – смугастості мігматитового типу, яка поступово стає домінуючою в усіх ГГМ. Кінематика найбільш ранньої догранітаційної стадії вивчена недостатньо. Однозначні макрорецени виявити не вдалося, а за численними мезоознаками на рівні відслонень та мікросруктурами у шліфах встановлюється знакоперемінний характер мікропереміщень з переважанням підкидо-правозсувних, що відбувались в умовах сублateralного стиснення.

Визначальною для формування ГГМ, та й ТЗР у цілому, є потужна гранітація різновікового субстрату, форми та інтенсивність прояву якої в межах ТЗР обумовлена динамо-кінематичними умовами деформаційних процесів. Ці процеси, як і речовинні перетворення мають багатостадійний (перманентний) характер. Витриманий

за загальною спрямованістю характер речовинних перетворень з послідовним збільшенням вмісту калішпат-кварцевої мінеральної асоціації, розкладанням темнокольорових мінералів та розкисленням плагіоклазу, наявність не менше двох виразних генерацій КПШ, 2–4-х генерацій кварцу, плагіоклазу та біотиту в межах одного й того ж шліфа, практично повсюдна наявність мікросруктур дроблення і бластезу передусім у ранніх мінеральних парагенезисах, дозволяє реконструювати напрямки відносних мікропереміщень та зробити попередні висновки про загальну кінематику ТЗР під час двопольовошпатового гранітоутворення. Перманентний характер деформаційних і речовинних перетворень не протирічить умовному поділу цього етапу на три більш-менш виразні стадії: раннь-, середнь- та пізньосингранітаційну, розділені найбільш виразними деформаційними епізодами.

Рання стадія проявлена найбільш контрастними речовинними перетвореннями, потужним розвитком кварц-калішпатової мінеральної асоціації, місцями калішпатовим порфіробластезом (КПШ-1) і появою проміжних мінеральних фаз. З цієї стадії асоціює головна фаза гранітоїдного жилютворення. Субпаралельні апліт-пегматитові тіла узгоджуються із мігматитовою смугастістю і порфіробластичною сланцюватістю і сукупно створюють базову систему ГГМ. При імпульсному і, вірогідно, реверсному характері переміщень, при наявності ознак реалізації як ліво-, так і правозсувної компоненти, домінуючими на цій стадії були вертикальні зміщення в умовах суттєвої ролі латерального розтягу. Зсуво-скидові переміщення фіксуються як на макрорівні (субпаралельні жили, смугасті мігматити), так і завдяки розвитку порфіробластичної сланцюватості (умови транстенсії за [8]).

Така тенденція, але вже у комбінації із зсуво-підкидовими переміщеннями відзначається і на наступній, середньосингранітаційній стадії, позначеній руйнуванням ранніх метасоматитів, зокрема, дробленням порфіробластів КПШ-1, утворенням мікрокліну другої генерації у складі перекристалізованих кварц-калішпатових агрегатів, що обволікають порфіробласти КПШ-1, формуванням мікроскладочок волочіння, θ -, δ - та σ -об'єктів, завдяки яким відтворюються кінематичні особливості стадії [10]. Вони виявляються найбільш варіаційними, знакоперемінними, горизонтальна складова у більшості випадків поступається вертикальній складовій. У горизонтальних переміщеннях переважають лівозсувні, хоча локально фіксуються також ознаки правого зсуву. При цьому відзначається зміна зсуво-скидових і зсуво-підкидових переміщень, що може сприйматись як чергування в часі динамічних схем транспресії і транстенсії. Суттєва відмінність цієї стадії від попередньої полягає у зміні домінуючого розтягу потужними імпульсами стиснення. Така тенденція може викликатись як зміною регіонального поля напружень, так і об'ємними ефектами фазових переходів під час калій-кремнієвого метасоматозу та палінгенезу у системі гранітоутворення. В останньому випадку регіональне поле напружень може й не зазнавати значних змін, а варіації локальних полів напружень залежати від співвідношень швидкостей кристалізаційних та деформаційних процесів, що знаходить підтвердження за результатами математичного моделювання [7, 13].

Пізньосингранітаційна стадія фіксується неодноразовою перекристалізацією кварцу – найбільш чутливого до варіацій полів напружень мінералу. Практично мономінеральні гломерозернисті кварцеві агрегати обволікають порфірокласти польових шпатів та лінзовидні породні фрагменти і несуть сліди синкристалізаційних деформацій у вигляді ламелей, смуг зламу та хвилястого погасання. У більшості випадків такі кварцеві агре-

гати посилюють площинні текстури у граніто-гнейсах, створюючи своєрідну смугастість або сланцюватість, залягання яких зазвичай збігається із заляганням ГГМ у ранньому їх виразі. Локальні розвертання породних фрагментів та порфіробластів створюють характерні мікротектонічні репери локальних переміщень, котрі засвідчують у цілому успадкований від попередньої стадії характер кінематики. Втім, найбільш інформативним засобом динамо-кінематичних реконструкцій виявляється мікροструктурний аналіз по кварцу. Дослідження переважної орієнтації с-осей кварцу в орієнтованих шліфах, що базуються на сучасних експериментальних даних, дозволяє доповнити характеристику динамо-кінематичних умов пізньо-сингранітаційної стадії. Встановлено, зокрема, певну спадковість кінематики ГГМ: чергування скидово-лівозсувних і підкидо-лівозсувних локальних переміщень із ослабленням зсувної компоненти. Переважання вертикальної складової підтверджується також лінійністю по кварцу, що виникає у наслідок призматичної трансляції.

Деформаційні і речовинні перетворення на етапі двопольовошпатового гранітоутворення відбувалися у температурних умовах амфіболітової фації при суттєвому зниженні температури на пізньосингранітаційній стадії. У реологічному сенсі, деформація відноситься до крихко-пластичної, перекристалізації, зазвичай, передуює виразне дроблення, що регулюється, вірогідно, зміною швидкостей деформації.

Протерозойський етап формування ТЗР характеризується тісним взаємозв'язком та взаємобумовленістю деформаційних та речовинних перетворень архейського субстрату. Деструкція супракрустальних та плутоно-метаморфічних утворень забезпечувала інфільтрацію високотемпературних флюїдів суттєво калій-кремневої геохімічної спеціалізації та розвиток інтрасоматично-метасоматичних і антектично-палінгенних процесів з утворенням різноманітних за структурно-текстурними характеристиками мігматитів та граніто-гнейсів [3,12].

Постгранітаційний етап також може бути поділений принаймні на дві стадії, що різняться температурністю і характером деформацій. Рання постгранітаційна стадія повсюдно позначена потужною мілонітацією із супутньою перекристалізацією на рівні фації зелені сланців, в той час як пізня – практично "суха". Пізньосинпорфіробластичне і постпорфіробластичне розсланцювання (катаклаз, мілонітація та бластез) проявлені у порівняно нешироких смугах, що певним чином спряжені між собою у пізньосингранітаційні та постгранітаційні структурні парагенезиси. Потужність струменів суцільної мілонітації і ультрамілонітації може сягати декількох метрів. Завдяки їм по мігматито-граніто-гнейсовій монокліналі формується накладена мілоніт-ультрамілонітова монокліналь із практично ідентичними елементами залягання. Внутрішні зони таких монокліналей відзначаються появою псевдотакхілітових мас, частіше із смугастим, часом із лінзовидно-плямистим розташуванням. Такі мілонітові струмені мають, зазвичай, різкі межі із граніто-гнейсами (при загальному співпадінні залягання) та спорадично проявлену тонку смугастість, що проявляється завдяки збереженню катаклизитів по граніто-гнейсах та окремих порфіробластів лінзовидної форми, а також тонких згідних прожилків, складених суттєво кварцевими агрегатами. Такі лінзи і смуги із світлим забарвленням добре контрастують на фоні темно-сірих і чорних ультрамілонітів і псевдотакхілітів. Контрастне забарвлення допомагає макроскопічно вирізняти головні текстурні особливості порід, а характерні текстури дозволяють діагностувати напрямки переміщень під час мілонітації. На

породному рівні встановлюється неоднаковість мілонітації, утворення декількох генерацій мікропросічок ультрамілонітів клиновидно-перехресного орієнтування із початковим бластезом і формуванням мікрозернистого гідрослюдиного агрегату. Численні мікротектонічні репери дозволяють припускати деформування в умовах транспресії із переважанням умов стиснення за слабкої участі правозсувної компоненти.

Найбільш пізні деформаційні прояви мають виключно крихкий характер і не супроводжуються бластезом. Йдеться про січний кліваж, найчастіше у позиції R'-сколів та системи тріщин, інтенсивність розвитку яких в межах шовної зони дуже різна. І якщо кліваж має доволі чіткий просторовий зв'язок із попередньою постгранітаційною стадією, то відносний вік тріщинуватості визначити практично неможливо, у зв'язку з чим вона детально не досліджувалась.

Висновки. Підсумовуючи дані про характер речовинних перетворень і деформаційних процесів в межах Тальнівської зони розломів на протерозойському етапі її розвитку, можна відзначити наступну їхню послідовність.

1. Раннє дроблення архейського субстрату за умов переважання латерального стиснення при участі правозсувних переміщень та формування пов'язаних між собою первинних фрагментів шовної зони.

2. Синдеформаційний розвиток інтрасоматично-метасоматичних процесів із формуванням порфіробластичних і смугастих мігматитів і двопольовошпатових граніто-гнейсів, що складають наскрізні граніто-гнейсові моноклінали за суттєвої ролі відносного розтягу. Імпульсний характер крихко-пластичного деформаційного процесу на сингранітаційному етапі із неодноразовою зміною скидово-зсувної та підкидо-зсувної деформаційних схем при переважному прояві лівозсувної компоненти.

3. Локальні пізньо- і постгранітаційні прояви потужної мілонітації в межах ГГМ, що відбувалась в умовах транспресії із переважанням латерального стиснення за слабкої участі правозсувної компоненти.

4. Локальний розвиток найбільш пізнього поперечного кліважу (у позиції R'-сколів щодо генеральних площинних текстур) без видимих зміщень і ознак бластезу у місцях найпотужнішої мілонітації та розвитку псевдотакхілітів.

1. Веремьев П.С. Структура докембрия Среднего Побужья, история и механизм ее возникновения // Геол. журн. – 1972. – 32, вып.6. – С.26–37.
2. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. – Киев, 2005. 3. Коржинский Д.С. Потоки трансмагматических растворов и процессы гранитизации / Магматизм, формирования кристаллических пород и глубины Земли. – М.: Наука, 1971. – С. 144–153. 4. Моралес В.М., Глуховский М.З. Архейская и ранне-протерозойская тектоника / Фундаментальные проблемы общей тектоники. – М.: Научный мир, 2001. – С. 50–90. 5. Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. – Л., 1982. 6. Чебаненко И.И. Розломная тектоника Украины. – К., 1966. 7. Шевчук В.В., Лихачев В.В. Математическая модель поля напряжений, вызванного тепловой аномалией в упругой среде // Геофиз. журн. – 1996. – Т.18. – №6. – С. 74–80. 8. Шевчук В.В., Павлов Г.Г. Тектонофизические условия формирования кристаллизационной сланцеватости // Геофиз. журн. – 2003. – 25, №5. – С. 76–83. 9. Шевчук В.В. Петроструктурные особенности синдеформационной метасоматитов Тальнівської зони розломів // Сучасні напрямки української геологічної науки: 36. наук. пр. ІГН НАН України / П.Ф.Гожик, відповід. ред. – К. 2006. – С. 55–61. 10. Шевчук В., Шевчук В. Особливості докембрійського і фанерозойського граніто-гнейсового структуроутворення // Вісник Київ. ун-ту. Геологія. – 2006. – Вип. 37. – С. 4–6. 11. Шевчук В., Шевчук Вол.В. Протерозойські граніто-гнейсові моноклінали Українського щита та їх морфоструктурні типи // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2007. – Вип. 40. – С. 4–6. 12. Шевчук В.В. До питання про геодинамічні умови формування гранітоїдів областей тектоно-магматичної активізації // Еволюція докембрійських гранітоїдів і пов'язаних з ними корисних копалин у зв'язку з енергетикою планети і етапами її тектоно-магматичної активізації. 36. наук. праць. – К.: УкрДГРІ, 2008. – С. 52–56. 13. Шевчук В., Лавренюк М., Шевчук Вол. Комп'ютерне моделювання впливу термофлюїдних аномалій на напружено-деформаційні стани розломних зон // Вісник Київ. ун-ту. Геологія. – 2008. – Вип. 43. – С. 47–49.

УДК 551(477)

О. Гуда, асп.

ПОРІВНЯННЯ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ СЕЛЕВИХ ПРОЦЕСІВ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ТИСА (ЗАКАРПАТТЯ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.М. Іванік)

Визначено та проаналізовано основні чинники формування селевих потоків в басейні річки Тиса в межах Тячівського та Воловецького районів Закарпатської області. Розглянуто небезпечні геологічні процеси, що відбулися в період 1998–1999 рр., 2006 р. та відбуваються на сучасному етапі. Наведено детальну геолого-геоморфологічну характеристику району робіт. Підтверджено необхідність класифікації селевих потоків в межах Карпатського регіону з врахуванням гідрологічних особливостей селенебезпечних басейнів та доцільність розробки методів та засобів прогнозування впливу селевих потоків з врахуванням їх класифікаційних ознак.

Main factors of debris flow formation of Tysa river basin in Tyachivskyu and Volovetskyu regions of Zakarpatska area have been determined and analyzed. The dangerous geological processes that have been formed in 1998–1999, 2006 and are formed today were considered. The detailed characteristics of geological and geomorphologic structure of the studied area are given. The necessity of classification of debris flows in the Carpathian region including hydrological features of debris flows' basins is confirmed. It was emphasized that the methods of debris flow prediction and influence must be divided taking into consideration particularities of classifications.

Вступ. Серед природних катастроф, що завдають великих збитків як навколишньому середовищу, так і економіці країни, важливе місце посідають небезпечні екзогенні геологічні процеси, до числа яких відносяться і селі. Гірський рельєф, клімат та антропогенний вплив створюють всі передумови для розвитку селевих явищ у Карпатах.

Вивчення селевих процесів на території України почалося з середини минулого століття. До 70-х років проходив процес накопичення інформації щодо розповсюдження селевих явищ на території України та природних умов їх формування. Проте більшість питань селевої проблематики не отримали достатньо повного висвітлення, через складність їх дослідження в природних умовах, значну віддаленість та непрохідність територій, де вони виникають, раптовість та швидкість проходження тощо.

Постановка завдання. Діапазон факторів, що сумарно впливають на формування селевих потоків, є досить широким як для Карпатського регіону, так і для всього світу. Одні з них можуть бути розглянуті як фундаментальні, головні, а інші як другорядні, допоміжні. Вивчення селевих потоків у всьому світі показують, що найбільш ефективними є регіональні дослідження, що дозволяють визначити чинники активізації зазначених явищ та розробити засоби попередження шляхом моделювання для конкретних територій.

Натурні обстеження, що проводились в межах Карпатського регіону впродовж 2006–2012 років та охопили частини Свалявського, Воловецького, Іршавського та Тячівського районів Закарпатської області, дозволили встановити певні закономірності та відмінності у виникненні та протіканні селів у басейнах з різною гідрографічною будовою, що визначається геолого-геоморфологічними та структурно-тектонічними особливостями будови даного району. Було відзначено значну диференціацію потоків за довжиною, кутами нахилу та морфологією долин, ступенем покриття рослинністю схилів, літологією та механічними властивостями породних комплексів, що розвиваються.

Характеристика об'єкту досліджень. В межах Карпатського регіону переважають низькогірні і низькоселені басейни, у яких селі викликаються багатьма чинниками, головними серед яких є зливові дощі. Більшість селевих потоків формується при проходженні інтенсивних злизових дощів з кількістю опадів 50–100 мм/добу (53 % випадків), 20–50 мм/добу (30 % випадків) і у 14 % селепроявів з опадами більше 100 мм/добу, однак відмічаються також випадки виникнення селів внаслідок тривалих дощів [1].

Ділянками, де проводились аналітичні дослідження, виступили басейни річок Абранка Воловецького району,

Мокрянк та Брустуранка Тячівського району, що належать басейну річки Тиса. У всіх цих ділянках в різні періоди відбулося катастрофічне сходження селевих потоків. Ця територія є досить густо заселеною. На сільську забудову мають вихід гирла струмків, що впадають в р. Брустуранку (с. Лопухів), лівобережні притоки р. Мокрянк в межах селищ Руська та Німецька Мокра. По долині р. Мокрянк до гирла струмка Прислоп і далі за західну межу вивченої території прокладено газопровід "Союз".

Навесні 1998 року та восени 1999 року в долинах річок Мокрянк та Брустуранк, а саме в населених пунктах Німецька та Руська Мокра, Усть-Чорна та Лопухів великої шкоди завдали селеві потоки. Було приведено в непридатність та зруйновано житлові будівлі. Річковими наносами (гравій, брили, тощо) захаращені присадибні ділянки та окремі відрізки автодороги, яка крім того зазнала часткової руйнації бічною ерозією. Проліувальним матеріалом селевих конусів виносу було частково засипано присадибні ділянки. В с. Руська Мокра селевий потік струмка Нижній Плак засипав житловий будинок, що призвело до трагічної загибелі чотирьох мешканців. В присілку Яблуниця (поздовж однойменного струмка) с. Лопухів паводком та селевими конусами виносу було зруйновано кілька сільських садіб [2].

По р. Абранка, що є лівою притокою р. Латориця, у однойменному селі, сходження катастрофічних селів відбулося 18 червня 2006 року, що призвело до руйнування мостів через р. Абранка, пошкодження будинків та господарських будівель, частина з яких була занесена відкладами селевих потоків.

Прояв та постійне оновлення селевих потоків в межах описаних територій дозволяє використовувати їх як ілюстративні об'єкти для детальних досліджень та збору інформації, визначення емпіричних залежностей при дії селевих потоків та їх наступного використання у режимі ситуативного та прогнозного моделювання [5].

Порівняння та аналіз факторів формування селів у басейнах з різною геолого-геоморфологічною та гідрографічною будовою. Формування селю визначається переважно геологічними, гідрометеорологічними й геоморфологічними чинниками, окрім яких, значний вплив на селеутворення здійснюють ботанічні, гідрогеологічні та антропогенні особливості певного регіону. Наслідки, що несуть за собою селеві потоки, визначаються перш за все поєднанням цих чинників. У результаті досліджень було встановлено дещо відмінне поєднання основних факторів, що визначаються будовою території, та, відповідно, зафіксовані різні сценарії проходження селевих потоків у різних ділянках досліджень.

Порівняємо головні фактори формування селів, що є визначальними при оцінці параметрів селевого процесу, в долинах річок Мокрянка, Брустуранка та Абранка.

Згідно з існуючою орографічною класифікацією Карпатського регіону, долина р. Мокрянка потрапляє в район низькогірського рельєфу і повздовжніх долин Воловецької верховини. Поперечний профіль долини асиметричний: правий (південно-західний) борт крутий, лівий (північно-східний) – більш пологий, де зустрічаються тераси вищих рівнів. Долина річки Брустуранка, яка потрапляє до району середньовисотних хребтів Привододільних Горган, в нижній течії (с. Лопухово) має найширшу (до 750 м) долину V-подібної форми, з добре розвинутим комплексом терас (I–III), а близько гирла – з меандруючим характером русла, що викликано нерівномірним за швидкістю підняттям окремих блоків. У межах території досліджень розвинутий морфологічний комплекс середньогірського (висоти – понад 1700 м), глибоко розчленованого (глибина розчленування понад 1000 м), крутосхилого (кути схилів сягають 35–45°) тектоніко-денудаційного рельєфу області стійкого підняття.

Системи річок Мокрянка і Брустуранка, які зливаються і утворюють р. Тересва, являють собою типові гірські річки з швидкою течією (1–1,5 м/сек) і значною кількістю корінних виходів порід в прируслових частинах. Річки мають досить густу мережу приток: на 1

кв.км площі припадає приблизно 1 пог.км долин річок та струмків [2].

Геоморфологічна будова долини р. Абранка є типовою для гірських областей із переважанням середньо- та низькогірського ерозійно-тектонічного та денудаційного рельєфу, значною густиною горизонтального розчленування (до 2,5 км/км²), глибиною вертикального розчленування (до 100 м) та крутизною схилів (до 35–40°), що створює "енергію" для розвитку різноманітних екзогенних процесів. Р. Абранка має розгалужену сітку різнопорядкових притоків, що характеризуються різними морфометричними параметрами та у певних випадках мають самостійне значення при формуванні селів (рис. 1,б).

На процеси формування селів мають значний вплив також гідрологічні умови селевого басейну. Морфометричні параметри русел селевих потоків визначались впродовж польових робіт для кожного притоку, вони характеризуються наступними характеристиками: ширина русел змінюється від 0,5 до 2,5–3 м, крутизна їх схилів від 10 до 40°. Слід відзначити морфологічну вузькість русел притоків та долини р. Абранка, що є одним із визначальних факторів катастрофічного впливу водно-грязьових та грязьокам'яних потоків на різні інженерні споруди.[3]. Переважна кількість притоків характеризуються V-подібною долиною із крутими схилами, їх довжина коливається від 560 м до 2,5 км.



Рис.1. Долини річок: а) Мокрянка (фото з лівого схилу струмка Бобравинський); б) Абранка

Притоки р. Мокрянка мають значну довжину, що сягає 3000 м. Струмки мають деревоподібний рисунок в плані, з багатьма бічними притоками. Характеризуються значним нахилом русла від витоків до гирла, що сягає 35–45°. Наприклад, струмок Нижній Плаїк при довжині 1300 м має перевищення 500 м, що складає 10 м на 100 м, або 21°. У більш довгих струмках з розробленою долиною нахил русла у нижній течії значно менший, але в верхів'ях приблизно такий же. Більшість притоків мають коритоподібний профіль, а ширина днища коливається від 5 м до 10 м. Потужність алювіальних відкладів сягає від 0,2–0,3 м до 1–4 м. Тераси, як правило, відсутні (рис. 2,а,в). Подібні характеристики має р. Брустуранка з її притоками. Тобто, кожна притока річки являє собою селенебезпечний потік та має великий конус виносу, що постійно оновлюється новими надходженнями селевого матеріалу.

Особливу увагу викликає долина струмка Яблуниця (присілок Яблуниця с. Лопухово), що пояснюється морфоструктурними відмінностями у будові річкової долини. Струмок має досить вузьку долину, ширина якої коливається від 300 до 600 м. Ширина русла струмка – 5–10 м, поперечний профіль – коритоподібний. Схили терасовані зсувними тілами та мають крутизну

40–45°. Довжина струмка сягає 6000 м. Потік має густу систему лівих притоків. Їх налічується більше 16. Довжина притоків змінюється від 800 м до 2000 м. Струмки мають V-подібний профіль русла, ширина якого складає 3–6 м. Нахил бортів притоків – 30–40°. Розвантаження селевого матеріалу більшості притоків відбувається у руслі головного струмка, а деякі праві притоки мають вихід на житлові будівлі. Усі струмки разом з притокою вищого порядку прорізають флішові утворення стрийської світи. На період активізації селевих потоків у 1998 році у присілку Яблуниця відбулося одночасне сходження селів по лівих та правих притоках струмка [2]. Розміри конусів виносу притоків були тими ж: довжина змінювалась від 50 до 100 м, ширина – 30–50 м, потужність відкладів сягала 2 м. Об'єм селевого матеріалу в середньому дорівнював 2000 м³ (рис. 2,б).

При масовому одномоментному сході селевих потоків, через інтенсивне живлення струмка Яблуниця матеріалом зносу його притоків, почала працювати основна водотока, тобто потік Яблуниця, що призвело до виникнення паводку, затоплення будівель, що розташовані в долині струмка, руйнування мостів через потік. Значна руйнівна сила потоку пояснюється ще й високим вмістом твердої складової (уламків гірських порід, неконди-

ційної деревини тощо), що була знесена в основне русло активізованими селевими потоками. Таким чином, в даному випадку важливу роль зіграла морфологічна

вузькість долини струмка Яблуниця, яка в свою чергу визначена структурно-тектонічною характеристикою території (рис. 3,б).



Рис.2. Конуси виносу селевих потоків:

а) струмок Бобравинський, ліва притока р. Мокрянка (с. Німецька Мокра); б) ліва притока струмка Яблуниця (прісілок с. Лопухів); в) струмок Росошний, права притока р. Мокрянка (с. Руська Мокра)

Склад твердої складової селів визначається перш за все літологічним складом порід, що складають ділянку досліджень. Ступінь впливу літологічного чинника визначається механічними властивостями порід, що складають схил. Якщо схил складений стійкими до різноманітних екзогенних процесів породами, то роль літологічного фактору зменшується, а основну роль у формуванні селю виконують четвертинні пухкі відклади. Важливу роль виконують механічні параметри порід такі як когезія, коефіцієнт пористості, відносна проникність, густина, пружні характеристики тощо.

У формуванні селевих потоків в долинах річок було відзначено особливу роль четвертинних відкладів, серед яких у селенебезпечних районах розвинуті наступні генетичні типи відкладів, які об'єднуються у парагенетичні комплекси, оскільки дещо проблематично виділити один домінуючий фактор у їх формуванні: делювіально-пролювіальні, делювіально-колювіальні, колювіальні, алювіальні, пролювіальні [3]. Значний вплив на формування селів має потужність даних відкладів, яка є змінною у залежності від геоморфологічних умов та різноманітних екзогенних процесів. Делювіально-гравітаційні та делювіально-пролювіальні відклади є головним постачальником пухкоуламкового матеріалу у басейні р. Абранка, їх потужність змінюється від 0,5 до 10 м. Алювіальні відклади у межах р. Абранка також беруть участь у селеформуванні. Вони складають низьку та високу заплаву, а також фрагменти надзаплавних терас, підмивання та розмивання яких сприяє залученню цього матеріалу у сформований селевий потік. Потужність алювіальних відкладів складає від 1 до 7 м. Корінні породи відслонюються у нижній частині русла річки і представлені палеогеновими флішодними відкладами, що характеризуються перешаруванням аргілітів, алевролітів та пісковиків. Продукти їх руйнування потрапляють до водно-грязьового потоку (рис. 3,а).

У формуванні твердої складової селевих потоків в межах Тячівського району важливу роль відіграли також елювіально-делювіальні, делювіально-колювіальні, алювіальні та пролювіальні відклади. Проте, зважаючи на те, що долина р. Мокрянка розташована в межах найбільш сприятливих для утворення зсувів відкладах – чорносланцева товща нижньомелітової підсвіти олігоцену, що представлена тонкоритмічним перешаруванням аргілітів, алевролітів та пісковиків, інколи з прошарками кременів, які залягають на незначній глибині від денної поверхні, уламки флішових порід є невід'ємною складовою селевих потоків. Формування зсувів у нижніх частинах схилів

зумовлює осування стінок відриву у русла струмків. Таким чином, четвертинні утворення та значною мірою уламки флішових порід, що потрапляють до русел потоків в результаті різнохарактерних гравітаційних явищ, формують тверду фазу селевого потоку.

Долина р. Брустуранка, а саме у с. Лопухово (з присілком Яблуниця), розташована в межах нерозчленованих товщ стрийської світи, яка представлена різномітним піщано-глинистим флішем з прошарками вапняків [2].

Сучасні та древні селеві відклади спостерігаються у гирлах більшості приток річок Мокрянка та Брустуранка (рис. 2,а-в). Старі конуси виносу, що знаходяться у гирлах струмків, по площі і потужності значно перевищують сучасні (свіжі). Потужність пролювіальних відкладів в гирлах деяких струмків сягає 10–15 м, площа конусів виносу сягає кількох гектарів. У таких випадках русло струмка або прорізає конус виносу, або конус виносу відхиляє місце впадіння струмка у водоток нижчого порядку. В останньому випадку зміна напрямку русла в пригирловій частині гасить швидкість селевого потоку і його розвантаження проходить саме в цьому місці.

Слід зазначити, що в результаті досліджень було встановлено важливу роль зсувів в утворенні селевих потоків (рис. 3,а) Їх роль полягає не лише в постачанні твердого матеріалу у русло селевого потоку, а і у перекритті русел струмків.

Накопичення уламкового матеріалу вище запруд відбувається до досягнення певної критичної межі. В разі раптового прориву, а не поступового розмиву запруди виникає висока загроза селевого потоку. Утворення запруди має проходити не дуже далеко від гирла, а русло струмка нижче запруди має бути прямим, тому що в протилежному випадку селевий потік розвантажуватиметься в руслі, не доходячи до гирла. Дослідженнями встановлено, що зсуви відіграють особливу роль у виникненні селів в межах приток р. Мокрянка. Одною з причин сходження багатьох катастрофічних селів в басейні р. Мокрянка визнано прорив запруд, що сформувалися в межах потоку. Перекриття русла тілами зсувів були зафіксовані і на сучасному етапі (літо 2011), тобто відбувається накопичення енергії, вивільнення якої загрожує формуванням нових селевих потоків (рис. 3). Так, наприклад, одне з таких зсувних тіл, що має розмір 10х10 м зафіксовано в руслі струмка Медвежик (ліва притока р. Мокрянка). Це стінка відриву зсуву, що відбувся в корінних відкладах, представлена флішем. У цілому, в руслі потоку зафіксовано велику кількість уламкового матеріалу, зокрема брил пісковиків, діамет-

ром до 5 м. Така насиченість потоку уламковим матеріалом сприяє формуванню селевих потоків за відповідних умов. Схили струмка терасовані завдяки зсувам та складені делювіально-колювіальним матеріалом. У межах правого схилу зафіксовано тіло зсуву шириною до 150 м, довжиною – 130–140 м. Поверхня нерівна горби-

ста. Залісненість погана. Місцями спостерігаються системи стежок, в межах яких відсутня задернованість і які слугують постачальником матеріалу для формування селю в періоди тривалих дощів. Подібні характеристики мають більшість лівих приток р. Мокрянка, що визначає високу ймовірність розвитку селів по цих струмках.



Рис. 3. Русла селевих потоків: а) формування запруды в результаті перекриття русла струмка Медвежик зсувним тілом (ліва притока р. Мокрянка); б) русло струмка Яблуниця, акумуляція селевого матеріалу в руслі та по обох бортах потоку

Як висока ступінь дроблення гірських порід та інтенсивна тріщинуватість, так і рельєф території та її морфоструктурні характеристики визначаються перш за все структурно-тектонічними умовами регіону. Тектонічні фактори поглиблюють і посилюють вплив літологічних факторів, особливо коли вони поєднуються з різновидами флішу, представленим перешаруванням аргілітів, алевролітів та пісковиків.

Важливими чинниками, що впливають на виникнення селевих явищ, є залісненість та задернованість схилів та техногенний вплив. Самі крони дерев затримують більшу частину опадів, сприяючи ослабленню стоку й розсередженню його в часі, а трав'янистий покрив – зменшенню водопроникності ґрунтів. Навіть при відсутності лісу чагарниковий і трав'янистий покрив добре захищає поверхню гірських порід від вивітрювання й руйнування. Задерновані, покриті травою й чагарником ділянки схилів, як правило, не є осередками твердого живлення селів.

Проте в результаті антропогенного впливу ступінь залісненості території значно знизилась. Площа рідколісся в районі с. Лопухово складає близько 1600га, захоплюючи як правий, так і лівий схили р. Брустуранка до самого вододілу. По р. Мокрянка рідколісся простягається полозою в 10км від гирла до її правого притоку – струмка Прислоп, охоплюючи околиці сіл Руська та Німецька Мокра (по правому березі до 1 км, а по лівому до 0,5 км вгору по схилу). Залісненість у населених пунктах Лопухово, Руська Мокра та Німецька Мокра, з врахуванням площ полонин, вирубок лісу та рідколісся, складає близько 50 % площі [2]. До того ж на лісосіках і в руслах струмків залишається багато порубочних залишків: гілки, некондиційна деревина, тощо, які під час злив змиваються і зносяться у русла струмків, що суттєво знижує пропускну здатність останніх. Наявність деревних остатків у водному потоці призводить до утворення затворів в місцях різкого звуження русла (каньйоноподібна долина, різкий поворот, тощо) та локальних підйомів рівня води вище загати. Прорив таких затворів призводить до утворення селевого валу і значно підсилює руйнівну силу водного потоку на берегові споруди та укріплення.

Додатковим техногенним фактором в долині р. Абранка є наявність густої мережі стежок та незначна задернованість потоків, що провокувало інтенсивний

площинний стік та часткове вимивання дрібної фракції делювіального матеріалу.

Немає жодних сумнівів, що тригерним у активізації селевих потоків є метеорологічний фактор, тобто власне початок селю провокує необхідна для цього кількість опадів. Важливо встановити так званий "пороговий рівень" опадів. Зазначений показник буде варіювати в межах різних територій в залежності від порід, якими складена ділянка досліджень, гідрологічних та геоморфологічних характеристик території тощо.

Кількість опадів характерна Тячівському району найвища в області і сягає 1600мм на рік. Стійкий сніговий покрив утворюється в листопаді і зникає в квітні. Влітку дощі випадають майже щодня; на висоті 800–1000м і вище вони часто перетворюються в снігопади, які супроводжуються різким падінням температури повітря (до 1°–4°). На протязі року на річках може пройти до 10–12 повеней. В долині річки Абранка кількість опадів на досліджуваний період сягала 50 мм. Тривалість зливи складала близько 40 хвилин, однак її інтенсивність була значною, що призвело до значного підвищення рівня руслових потоків до 1,5–2 м та відповідного підвищення гідродинамічного тиску потоків, що впливали на різноманітні інженерні об'єкти [3].

Крім того, живлення водною складовою селевого потоку відбувається навесні що й в результаті танення снігу. У випадках коли зливи проходять у період сніготанення ймовірність виникнення селю істотно підвищується. Зміна пір року та великі температурні коливання призводять до інтенсифікації процесів вивітрювання, в результаті чого зростає кількість уламкового матеріалу у руслах струмків, де є виходи корінних порід.

Багато дослідників вказують на те, що при вивченні селевих потоків та їх прогностичній оцінці слід зважати на прояв зазначених явищ у часі, тобто на їх повторюваність в межах певних територій. Існує думка, що сліди селевого потоку в межах схилу є хорошим індикатором того, що за повторення необхідних умов активізація селю відбудеться знову. Таким чином, беручи до уваги емпіричний матеріал, параметри селевого потоку, що відбувся, моніторингові дані, а також прогностичні показники опадів, за допомогою ГІС-систем можна передбачити активізацію селів в конкретних регіонах і таким чином уникнути настільки масштабних наслідків, як у випадках коли цього ніхто не очікував.

Висновки. Аналіз селевих процесів в басейнах річок Мокрянка, Брустуранка з притокою Яблунця та Абранка ілюструє певні відмінності у системі сходження селів на територіях з різною геолого-геоморфологічною та гідрологічною будовою та диктує необхідність створення класифікації селевих потоків для Карпатського регіону, зокрема для басейну річки Тиса, з урахуванням будови селевих басейнів, довжини та ширини русла, характеру живлення, ступеню звивистості русла, ширини долини основного водотоку тощо. Шляхом дослідження селенебезпечних районів визначено, що гідрологічні умови селевого басейну в більшості випадків є визначальними у формуванні та протіканні селевих потоків. Врахування класифікаційних особливостей селевих потоків при оцінці селенебезпеки та підрахунках прогнозного впливу на інженерні споруди дозволить

більш точно розрахувати ймовірність впливу селів на різні об'єкти та систематизувати існуючі методи моделювання відповідно до класифікаційних особливостей для того чи іншого регіону.

1. Баєрій І.Д., Блінов П.В., Гожик П.Ф., Кожем'якін В.П. Активізація небезпечних геологічних явищ у Закарпатті як наслідок екстремальних паводків. – К., 2004. – 210 с. 2. Гречко В.П., Приходько М.Г та ін.. Звіт про геологічну зйомку масштабу 1:50 000 аркушів М-34-132-Б, М-34-132-Г (Усть-Чорна) на площі 684 кв. км. Геологічна будова та корисні копалини басейнів рік Мокрянка і Молода, площа Усть-Чорна. – Львів, 2008. – Книга 1. – 177с. 3. Іванік О.М. Головні особливості взаємозалежностей факторів формування селевих потоків у межах басейну р. Абранка // Вісник Київського університету. Серія Геологія. – Вип.43. – 2008. – С.16–19. 4. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 312 с. 5. Шевчук В.В., Іванік О.М., Лавренко М.В. Розробка засобів комп'ютерного моделювання селевої небезпеки в межах Карпатського регіону// Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К, 2009. – С. 307–318.

Надійшла до редколегії 21.01.12

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 55 (477)+551.22+552.3+553.4

Т. Митрохіна, канд. геол. наук

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТИТАНОНОСНИХ ГАБРОЇДІВ КОРОСТЕНСЬКОГО ПЛУТОНУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Досліджено хімічний склад титаносних габроїдів Кропивенської, Пенізевицької, Федорівської та Стремгородської інтрузій Коростенського плутону. З'ясовано, що геохімічні особливості досліджуваних порід відтворюють кількісні співвідношення та хімічний склад породоутворюючих мінералів, які, в свою чергу, визначаються первісним складом материнських магм, а також наступними процесами магматичної еволюції. Низькотемпературні постмагматичні процеси ніяк не вплинули на перерозподіл TiO_2 та FeO в титаносних габроїдах. Припускається, що материнськими магмами для інтрузій титаносних олівінових габро були сублужні олівінові феробазальти, первісно збагачені на $Ti-P$. Хімічний склад досліджуваних титаносних порід є середньозваженим складом кумулятивних мінералів, накопичених в процесі кристалізаційного та гравітаційно-кінетичного фракціонування, та інтеркумуляційного розплаву, захопленого під час кристалізації.

The chemical compound of Ti-bearing gabbroids from Kropivnja, Penizevichy, Fedorivka and Stremigorod intrusions (Korosten pluton) is studied. It is found out that geochemical features of the studied magmatic rocks reflect quantitative parities and a chemical compound of rock-forming minerals which in turn are defined by primary composition of parent magmas and also by the subsequent processes of magmatic evolution. Low-temperature postmagmatic processes haven't affected on redistribution of TiO_2 and FeO in Ti-bearing gabbroids. The author assumes that parent magmas for Ti-bearing olivine gabbro intrusions were subalkaline olivine ferobasalt initially enriched by Ti and P. The chemical compound of studied Ti-bearing rocks is average-weighted from cumulate minerals precipitated by crystal-sorting and gravitation-kinetic processes and also from the interstitial melt trapped during the crystallization.

Вступ. Специфічною особливістю багатофазних плутонів анортозит-рапаківігранітної формації (АРГФ) Українського щита (УЩ) є присутність в їх складі титаносних габроїдних інтрузій (ТГІ), з якими пов'язані корінні ільменіт-титаномagnetит-апатитові руди [7]. Чисельні інтрузії титаносних габроїдів виявлені на площі Коростенського плутону – найбільш типового представника АРГФ УЩ [12]. Хоча на площі більшості з них проводилися детальні геолого-розвідувальні роботи, але зосереджені вони були, перш за все, на економічній оцінці родовищ. Окремі аспекти геологічної будови та речовинного складу ТГІ в науковій літературі висвітлені недостатньо. Зокрема, замало уваги приділялося геохімічним особливостям титаносних габроїдів. Загалом, геохімія АРГФ розглядається у фундаментальних монографіях [1–2, 4], в яких наводяться найбільш характерні риси хімічного складу порід формації, визначається їх приналежність до індикаторних петрохімічних серій, проводиться порівняння хімізму окремих магматичних комплексів. Геохімічні особливості базитів Коростенського плутону обговорюються у роботах [3, 5, 7–9, 13, 14, 17], де головна увага зосереджена на домінуючих анортозитах та лейкократових габроїдах з низькими концентраціями Fe-Ti оксидних мінералів. Геохімічні ж дані по титаносним габроїдам, які опубліковані у роботах [10–12, 16], стосуються лише окремих родовищ.

Метою даної роботи було виявлення індикаторних особливостей хімічного складу титаносних габроїдів

Коростенського плутону та визначення чинників, що вплинули на їх геохімічну специфіку. Робота узагальнює результати геохімічних досліджень, виконаних автором в ході вивчення речовинного складу титаносних габроїдів Кропивенської, Пенізевицької, Федорівської та Стремгородської інтрузій Коростенського плутону.

Виклад основного матеріалу. Виконані дослідження продемонстрували, що головні особливості хімічного складу титаносних габроїдів Коростенського плутону визначаються їх кількісним мінеральним складом, а також хімічним складом породоутворюючих мінералів. Найбільш загальними рисами мінерального складу титаносних габроїдів є: 1) широкі варіації вмісту плагіоклазу та кольорових мінералів; 2) переважно меланократовий та мезократовий склад рудних різновидів; 3) олівін-авгітовий, рідше – олівін-гіперстеновий (піжонітовий) парагенезис мафічних силікатів; 4) помірно-високий вміст ільменіту та титаномagnetиту, що відповідає бідним та середньо-вкрапленим рудам; 5) високий вміст апатиту, що сягає породоутворюючих значень. Помірна основність плагіоклазів, а також підвищена залізистість піроксенів та олівінів є найбільш важливими особливостями хімізму головних породоутворюючих мінералів.

Незважаючи на те, що розподіл петрогенних оксидів для титаносних габроїдів з різних інтрузій демонструє певні розбіжності, їх загальними особливостями є збагаченість Na_2O , K_2O , FeO , MnO , TiO_2 , P_2O_5 , і, натомість,

збідненість SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , порівняно з середнім складом габроїдів інших формаційних типів. Згідно чинної петрохімічної класифікації [15], за співвідношенням $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, титаносні габроїди слід відносити до сублужного ряду. Вміст SiO_2 знижений, відносно середнього для габроїдів і, в багатьох випадках, формально відповідає ультраосновним породам, що визначається високим вмістом несиликатних мінералів – ільменіту, титаномagnetиту та апатиту. Підвищена сумарна лужність пов'язана з помірною основністю плагіоклазу, а також зі звичайною присутністю калієвого польового шпату та біотиту. Низька глиноземистість пояснюється, перш за все, меланократовим складом порід та, знов таки, помірною основністю плагіоклазів. Вміст CaO суттєво відрізняється для норитів з троктолітами, з одного боку, та олівінових габро – з іншого. В норитах та троктолітах він менший, в олівінових габро – близький до середнього габроїдного. Останнє пов'язане з високим вмістом авгіту, що компенсує недостатню вапнистість плагіоклазу. Загальна меланократовість порід, а також підвищений вміст ільменіту, титаномagnetиту і апатиту обумовлюють аномальні концентрації TiO_2 , FeO , P_2O_5 . Помітне переважання FeO над MgO і, відповідно, висока сумарна залізистість $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$, визначаються підвищеною залізистістю мафічних мінералів, а також високим вмістом Fe - Ti оксидно-рудних мінералів. Низька ступінь окиснення незмінених відмін титаносних габроїдів, яка визначається за різким переважанням FeO над Fe_2O_3 , пояснюється суттєво ільменітовим парагенезисом Fe - Ti оксидно-рудних мінералів та олівіно-піроксеновим парагенезисом Fe - Mg силікатів, в якому піроксени характеризуються незначним вмістом полуторних оксидів. Вміст летких компонентів в аналізах визначається за втратами при пропеченні (ВПП). В більшості випадків ВПП корелюється з інтенсивністю низькотемпературних постмагматичних змін – серицитизацією, пренітизацією, сосюритизацією, хлоритизацією, амфіболізацією та карбонатизацією. Достеменно встановлено, що інтенсивність таких постмагматичних змін ніяк не впливає на перерозподіл TiO_2 та FeO . Такий висновок підтверджується відсутністю будь-якої кореляції між концентраціями згаданих рудних компонентів та значеннями ВПП.

Специфічним є й мікроелементний склад титаносних габроїдів Коростенського плутону. Порівняно з кларками для базитів, титаносні габроїди збагачені Ti , V , Zn , Zr , P , TR , Y і збіднені Ni , Nb , U , Th , Pb , Rb , Sr , Ga . Так само, по відношенню до вміщуючих титаносні інтрузії анортозитових порід, вони збагачені високозаярними некогерентними мікроелементами але збіднені крупноїонними літофільними мікроелементами. Загальний вміст рідкісних земель в 40–100 раз перевищує хондритовий, з помітним переважанням легких лантанодів та слабкою негативною європейською аномалією. Ініціальні відношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70334\text{--}0.70336$ дещо менші, порівняно з вміщуючими анортозитовими породами, а відношення $\epsilon\text{Nd}=-0.8\text{--}(-1.4)$ – взагалі найнижчі серед встановлених для базитів коростенського комплексу [18], що може вказувати на нижньокорове магматичне джерело. Порівняно з середнім складом нижньої континентальної кори, титаносні габроїди збагачені на TiO_2 , FeO , MnO , CaO , P_2O_5 , V , Cu , Y , TR і збіднені на SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Ni , Rb . Хімічний склад материнської магми Федорівської інтрузії титаносних олівінових габро, отриманий різними методами [10], відповідає сублужному олівіновому феробазальту, первісно збагаченому на Ti - P . Подібний склад вихідного розплаву зафіксований [6] в найменш диференційованих ен-

доконтактних фаціях Давидківської інтрузії титаносних олівінових габро.

На прикладі Федорівської ТГІ можна проілюструвати деякі можливості використання петрохімічних характеристик порід для вивчення прихованої розшарованості, а також при вирішенні завдань розчленування та кореляції розрізів титаносних інтрузій. Порівняння титаносних габроїдів різних горизонтів Федорівської ТГІ показало певні відмінності в їх хімічному складі. Так, олівінові габро верхнього горизонту, порівняно з олівіновими мелагабро середнього горизонту, характеризуються меншими концентраціями TiO_2 , FeO , MgO , P_2O_5 і, натомість, більшими – SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , що закономірно пов'язано з меншим вмістом олівіну, Fe - Ti оксидно-рудних мінералів та апатиту. Коефіцієнт магnezіальності, $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$, та основність нормативного плагіоклазу, $\text{An} \%$, в габроїдах верхнього горизонту дещо вищі, ніж в середньому горизонті, а ступінь окиснення заліза, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, взагалі, найвища для Федорівської ТГІ. Титаносні габроїди нижнього горизонту є найбільш мінливими за хімічним складом. Тут розрізняються олівінові габро як мезократові, так і меланократового складу. Мезократові габроїди нижнього горизонту, на відміну від аналогічних порід верхнього горизонту, є менш основними за рахунок більшого вмісту плагіоклазу. В них менше TiO_2 і P_2O_5 завдяки меншій концентрації Fe - Ti оксидно-рудних мінералів та апатиту. Коефіцієнт магnezіальності в габроїдах нижнього горизонту найвищий для Федорівської ТГІ. При цьому, основність нормативного плагіоклазу в мезократових габроїдах нижнього та верхнього горизонтів практично однакова. Олівінові мелагабро нижнього горизонту, на відміну від своїх аналогів в середньому горизонті, дещо менш основні, що пов'язано з переважанням піроксену, а не олівіну, в парагенезисі мафічних мінералів. Для мелагабро нижнього горизонту характерні найменша ступінь окиснення заліза та різке переважання нормативного ільменіту серед Fe - Ti оксидно-рудних мінералів. Слід зазначити, що при вивченні прихованої розшарованості інтерпретація геохімічних даних, без попередніх мінералого-петрографічних досліджень, є неоднозначною. Це пов'язано зі складним розподілом більшості петрогенних хімічних елементів між двома чи більше мінеральними фазами.

Висновки. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні узагальнюючі висновки. Геохімічні особливості титаносних габроїдів Коростенського плутону відтворюють кількісні співвідношення та хімічний склад породоутворюючих мінералів, які, в свою чергу, визначаються первісним складом материнських магм ТГІ, а також наступними процесами магматичної еволюції. Низькотемпературні постмагматичні процеси ніяк не вплинули на перерозподіл TiO_2 та FeO в титаносних габроїдах. Хімічний склад материнських магм для інтрузій титаносних олівінових габро відповідає сублужному олівіновому феробазальту, первісно збагаченому на Ti - P . Хімічний склад досліджуваних титаносних порід є середньозваженим складом кумулятивних мінералів, накопичених в процесі кристалізаційного та гравітаційно-кінетичного фракціонування, та інтеркумуляного розплаву, захопленого під час кристалізації. Можливості використання петрогенних хімічних елементів для вивчення прихованої розшарованості обмежуються їх неоднозначним розподілом між двома чи більше мінеральними фазами: Ti – між ільменітом та титаномagnetитом; Fe – між олівіном, піроксеном, ільменітом та титаномagnetитом; Mg – між олівіном та піроксеном; Ca – між піроксеном, плагіоклазом та апатитом.

1. Анортозит-рапакивигранитная формация Восточно-Европейской платформы / Д.А.Великославинский, А.П.Биркис, О.А.Богайков и др. – Л.: Наука, 1978. – 296 с. 2. Анортозиты Земли и Луны: 9 науч. работ. – под ред. М.С.Маркова, О.А.Богайкова. – М.: Наука, 1984. – 272 с. 3. Бухарев В.П. Эволюция докембрийского магматизма западной части Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1992. – 152 с. 4. Великославинский Д.А., Биркис А.П., Хворов М.И. и др. Анортозит-рапакивигранитная формация. Комплексы Восточно-Европейской платформы // Магматические формации раннего докембрия территории СССР: В 3 томах. – М.: Недра, 1980. – Т.3. – С. 199–224. 5. Егоров О.С., Лепигов Г.Д., Козут К.В. Геохимические особенности магм габбро-анортозитовой формации древних щитов в свете проблемы эволюции первичной коры // Геол.журнал. – 1982. – Т.42. – вып. 4. – С. 47–53. 6. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1990. – 408 с. 7. Кудинова Л.А., Металиди С.В. Титаноносные массивы габброанортозитов. – М.: Недра, 1987. – 136 с. 8. Личак И.Л. Петрология Коростенского плутона. – К.: Наук. думка, 1983. – 246 с. 9. Митрохин О.В. Петрология габбро-анортозитовых массивов Коростенского плутона // Автореф. дис... канд. геол. наук. – К., 2001. – 16 с. 10. Митрохин А.В., Митрохина Т.В. Петрология и рудоносность Федоровского апатит-ильменитового месторождения // Мин. журн. – 2006. – Т.28. – №4. – С.43–52. 11. Митрохин А.В., Митрохина Т.В., Шумлянский Л.В. Минералогическая характеристика Пензевичского рудопроявления ильменита (Северо-западный район Украинского щита) //

Наук. праці Донецького національного технічного у-ту. – Серія гірничо-геологічна. – Вип. 8 (136). – Донецьк, 2008. – С.143–149. 12. Митрохина Т.В., Митрохин О.В. Титаноносні габброїдні інтрузії Волинського мегаблоку Українського щита // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2008. – Вип.43. – С. 33–35. 13. Павлов Г.Г. Петрогеохимические особенности основных пород габбро-анортозитовой формации Украинского щита // Вест.Киевского у-та. Сер. Прикладная геохимия и петрофизика. – 1982. – Вып. 9. – С. 42–53. 14. Павлов Г.Г. Петрологические критерии оценки апатитоносности пород габбро-анортозитовой формации северо-западной части Украинского щита: автореф. дис...канд. геол.-мин. наук: 04.00.08 / КГУ. – К., 1987. – 16 с. 15. Петрографічний кодекс України / Р.Я.Белесцев, В.А.Веліканов, Ю.Л.Гасанов та ін.; Відповід. ред. І.Б.Щербаков. – К., 1999. – 81 с. 16. Duchesne J.C., Shumlyanskyy L.V., Charlier B. The Fedorivka layered intrusion (Korosten Pluton, Ukraine): An example of highly differentiated ferrobasic evolution // Lithos, 2006. – V.89. – P. 353–376. 17. Mitrokhin A.V. The gabbro-anorthosite massives of Korosten Pluton (Ukraine) and problems of evolution of parental magmas / Abstract – GEODE field workshop 8-12th July 2001 on ilmenite deposits in the Rogaland anorthosite province, S.Norway. – NGU Geological Survey of Norway, 2001. – P.86-90. 18. Shumlyanskyy L.V., Ellam R.M., Mitrokhin O.V. The origin of basic rocks of the Korosten AMCG complex, Ukrainian shield: Implication of Nd and Sr isotope data // Lithos. – 2006. – 90. – P. 214–222.

Надійшла до редколегії 27.09.11

УДК 55(477)+551.22+552.3

А. Омельченко, канд. геол. наук

ВІКОВІ ГРУПИ СУБЛУЖНИХ БАЗИТОВИХ ДАЙОК СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ВОЛИНСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.Ф. Грінченком)

Вивчено умови залягання та петрографічні особливості сублужних базитових дайок Волинського мегаблоку. Встановлено, що досліджувані базитові дайки представлені трьома віковими групами, які принципово відрізняються геологічною позицією, віком вкорінення та особливостями речовинного складу.

The occurrence and petrographic features of the subalkaline basic dike of the Volhynia Megablock are studied. It has been established, that the investigated basic dikes are presented by the three age-groups that fundamentally differ of their geological position, age of intrusion and composition.

Постановка проблеми. Рої базитових дайок є важливою складовою кристалічного фундаменту древніх платформ. Вони відслонюються на всіх докембрійських щитах, маркуючи ділянки та епохи тектоно-магматичної активізації. Базитові дайки протерозойського віку широко розповсюджені на території Волинського мегаблоку (ВМБ) Українського щита (УЩ). У східній частині ВМБ переважають базитові дайки сублужного складу. Однак, незважаючи на чисельні дослідження, виконані на території ВМБ досі не існує єдиної схеми їх розчленування та кореляції. Не встановлені індикаторні особливості, які б дозволяли однозначно визначати приналежність будь-якої досліджуваної дайки до певного комплексу. Однозначно не з'ясовані вікові та генетичні співвідношення сублужних базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку з іншими базитовими утвореннями регіону.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. На площі Волинського мегаблоку відомі прояви дайкового магматизму різної формаційної приналежності та віку. Однак, стратиграфічне положення та формаційна приналежність базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку досі лишаються дискусійними [5]. В свій час В. Лебединський, а потім І. Личак, відносили їх до коростенського комплексу [8, 9]. Натомість В. Бухарев базитові дайки східної частини Волинського мегаблоку виокремлював у складі сублужної олівін-базальтової формації, відділяючи їх від інтрузивних утворень Коростенського плутона та від дайок прототрапової формації прутівського комплексу [1, 2]. Пізніше М. Костенко, поділяє базитові дайки східної частини Волинського мегаблоку на два комплекси: коростенський та постворуцький [7]. І, нарешті, Є. Шмельов, розвиваючи схему [7], виділяє ще один – посткоростенський дайковий комплекс [15]. Результати U-Pb ізотопного датування базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку свідчать про те, що їх вік коливається в діапазоні

1800–1760 млн років [3, 16]. У чинній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію Українського щита вони поділяються на два "безіменних" дайкових комплекси: ранньопротерозойський, розташований у часовому проміжку між інтрузіями коростенського комплексу та відкладами оверуцької серії, а також – середньопротерозойський, вкорінений у постворуцький час [6]. Таким чином, питання вікової приналежності базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку УЩ й досі залишається відкритим.

Метою роботи було встановлення геологічної позиції та петрографічних особливостей сублужних базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку Українського щита, а також кореляція дайок з іншими інтрузивними утвореннями регіону.

Викладення результатів дослідження. В процесі роботи вивчалися особливості розповсюдження та умови залягання дайкових утворень східної частини ВМБ УЩ, геологічні критерії розчленування на окремі дайкові комплекси та геологічний вік, а також петрографічні особливості. Проведені нами дослідження дозволили виділити в східній частині ВМБ три вікових групи базитових дайок.

Дайки першої вікової групи достовірно встановлені лише в межах Бехінського блоку складчастого фундаменту Коростенського плутона. В старому затопленому кар'єрі Бехінського щебзаводу, розташованому на північно-східній околиці с. Михайлівка, нами досліджені дві дайки метадіабазів, які проривають гнейсо-мігматити житомирського комплексу. Краще відслонена дайка потужністю 1 м з північно-східним простяганням та крутим падінням на південний схід: азимут простягання – 60°, кут падіння – 65°. Інша дайка з видимою потужністю 6 м характеризується північно-західним простяганням (азимут 100°) та субвертикальним падінням. Обидві дайки складені дрібнозернистим афіровим метадіабазом. Кон-

такти дайок з вміщувачим мігматитом різкі та незгідні. Ендоконтактові зони загартування складені афанітовим метадіабазом з реліктовою лампрофіровою мікροструктурою. Метадіабазові дайки проривають мігматити житомирського комплексу, ізотопний вік якого, згідно з [4], складає 2000 млн р. Ця дата приймається за нижню вікову межу описуваних дайок. Бехінські граніти, вік яких складає 1980 млн р [9], вміщують ксеноліти подібних метадіабазів. Тому верхня межа формування описуваних дайок визначається вказаною датою. Бехінські граніти пропонується віднести до осницького комплексу [13]. Петрографічно метадіабазові подібні дайковим породам осницького комплексу та метавулканітам клесівської серії, розповсюдженим в західній частині ВМБ. Знахідки ксенолітів метадіабазів в коростенських гранітах свідчать про те, що в минулому дайки першої вікової групи були поширені і в східній частині ВМБ, де зараз майже повністю знищені інтрузіями коростенського комплексу. На відміну від інших базитових дайок Бехінського блоку, метадіабазові дайки мають істотні метаморфічні перетворення, що корінним чином змінили їх речовинний склад та мікροструктуру. Макроскопічно це темно-сірі з зеленуватим відтінком масивні дрібнозернисті до афанітових породи зі звичайною для дайкових порід паралеліпедальною окремістю. Подекуди проявлена дрібно-плямиста текстура, обумовлена присутністю дрібних, 1–3 мм, скупчених темноколірних мінералів, а також мікроksenолітів вміщувачих порід. Під мікроскопом метадіабазові дайки мають мікрокристалічні лепідо-гранобластові та немато-гранобластові структури. Лише місцями розпізнаються реліктові мікροструктури: бластопорфірова, бластоофітова або лампрофірова. Загальна тканина метадіабазів складається калішпатом, плагіоклазом біотитом та роговою обманкою. Калішпат однорідний нездвійникований, без пертитів. У шліфах він погано відрізняється від плагіоклазу, разом з яким формує мікрогранобластовий мозаїчний агрегат. Плагіоклаз пилюватий з чисельними мікроскопічними включеннями біотиту, апатиту та глинистих мінералів. Має ізометричну полігональну форму зерен. Двійниковування проявлене не чітко. В окремих шліфах присутні поодинокі мікроскопічні вкраплення плагіоклазу, можливо, ксенокристи. Біотит густо забарвлений у зеленувато-коричневий колір. Формує правильні пластини, а також мікроскопічні лепідобластові скупчення, імовірно, псевдоморфози по вкрапленням мафічних мінералів. Рогова обманка плеохроює у темних синувато-зелених тонах. Утворює неправильні дещо подовжені зерна, що містять пойкилітові включення усіх інших породоутворюючих мінералів. В призматичних частинах дайок рогова обманка кристалізується у вигляді субідоморфних мікралів, що надає породі лампрофірової мікροструктури. Кварц в метадіабазі присутній у другорядних кількостях. Акцесорні та рудні мінерали: апатит, ільменіт, магнетит, ортит. Мікрозондовим аналізом також діагностована тонка вкрапленість піриту, сфалериту, галеніту, халькопіриту та молібденіту. Вторинні мінерали: серицит, стільномелан, хлорит та паризит.

Дайки другої вікової групи поширені переважно в центральній частині Коростенського плутону. Це дайки гіперстенових долеритів та плагіопорфіритів Межирічансько-Обиходівського поясу (МОП), що простягається вздовж північної межі Чоповицького габро-анортитового масиву з коростенськими гранітами. До другої вікової групи належать також дайки мікрогабро-норитів, описані нами в гнейсо-мігматитах діючого кар'єру Бехінського щебзаводу, розташованого на південній околиці с. Васьковичі, а також у природних відслоненнях на правому березі р. Уж східніше с. Бехі [13, 14]. До цієї ж групи відноситься досліджена нами Рудня-Базарська інтрузія (РБІ) [12], яка перетинає мігматити Недашківського виступу складчастої основи Коростенського плуто-

ну. Всі перераховані дайки, за виключенням РБІ, мають північно-західне простягання та невелику потужність – від декількох сантиметрів до перших метрів. Слід зазначити, що не для всіх утворень цього типу достовірно визначена дайкова форма залягання. Так в Ігнатпільському кар'єрі, закладеному на крайньому північно-західному відгалуженні МОП, гіперстенові плагіопорфірити залягають у вигляді тектонічних брил або крупних ксенолітів у коростенських гранітах. Форма залягання гіперстенових плагіопорфіритів з відомих відслонень біля сс. Млини та Васьковичі не з'ясована. У зв'язку з тим, що дайки другої вікової групи проривають анортити Чоповицького масиву віком 1790 млн р. [3], ця дата приймається як нижня вікова межа описуваних утворень. Складні еруптивні брекчії з ксенолітами анортитів, кварцитовидних метапісковиків та роговиків пугачівської товщі досліджені нами в плагіопорфіритах Ігнатпільського кар'єру, а також у відслоненні на північній околиці с. Васьковичі [13, 14]. В плагіопорфіритах Ігнатпільського кар'єру також знайдені включення гіперстенових долеритів афірової будови, що свідчать про тривалість вкорінення дайкових порід другої вікової групи. В плагіопорфіритах, розбурених на правому березі р. Жерев, неподалік від с. Ігнатпіль автором виявлені ксеноліти "бехінських" гранітів. Рапаківіподібні граніти північної частини Коростенського плутону, які мають ізотопний вік 1780 млн р. [17], вкорінені після дайок другої вікової групи. Тому ця дата приймається за верхню вікову межу описуваних дайок. Жили рапаківіподібних гранітів описані в плагіопорфіритах МОП та в габродолеритах РБІ. Ксеноліти подібних плагіопорфіритів досліджені автором як в рапаківіподібних гранітах Ігнатпільського кар'єру, так і в дивлінських граніт-порфірах.

Дайки другої вікової групи представлені сублужними гіперстеновими плагіопорфіритами, а також гіперстеновими долеритами, габро-долеритами та мікрогабро-норитами. Найбільш розповсюджені перші. Саме вони у свій час були описані Г. Осовським під назвою "волинити". Типові гіперстенові плагіопорфірити сс. Ігнатпіль, Млини, Васьковичі та Межирічка характеризуються крупно-порфіровою структурою з великими вкрапленнями плагіоклазу розміром 1–3 см у темній дрібнозернистій загальній масі. У вкрапленнях він представлений двома генераціями: 1) блідо-зеленим зміненим андезином чи андезин-лабрадором з видовжено-призматичною або уламковою формою; 2) сірим або темно-сірим водяно-прозорим лабрадором з ідіоморфною формою та зональною будовою. Окремі відміни порфіритів можуть містити якусь одну або обидві генерації плагіоклазу. Розподіляються вкраплення вкрай нерівномірно: на одних ділянках це лише поодинокі виділення, на інших – їх вміст сягає 10–30 %. Темна загальна маса найменш змінених плагіопорфіритів характеризується офітовою або габро-офітовою мікροструктурою. Вона складається переважачим плагіоклазом (54 %), а також орто- та клінопіроксенами (разом 39 %). В другорядних кількостях присутній ільменіт (1–4 %) з реакційними каймами титаністого біотиту. Акцесорні та рудні мінерали: апатит, титаномангнетит та циркон. У більш поширених гідротермально-змінених відмінах порфіритів плагіоклаз пренітизований та серицитизований, піроксени заміщуються променистими амфіболами та хлоритом. Окварцювання та калішпатизація окремих відмін плагіопорфіритів, що супроводжується появою високо-залізистих рогових обманок та біотиту, свідчать про процеси гранітизації під дією коростенських гранітів.

Гіперстенові долерити та мікрогабро-норити на відміну від плагіопорфіритів мають афірову структуру. Перші характеризуються офітовою, другі – габровою або габро-офітовою мікροструктурою. Характерною особливістю мікрогабро-норитів є наявність мікροструктур роз-

паду піроксенів та титаномагнетитів, подібних до встановлених у габроїдах коростенського комплексу. Ортопіроксен в них представлений інвертованим піжонітом з тонкими орієнтованими ламелями авгіту у гіперстеновій матриці. Кількісно підпорядкований йому клінопіроксен містить мікроскопічні орієнтовані ламелі ортопіроксену в авгітовій матриці. У титаномагнетиті присутні мікроскопічні ламелі ільменіту, що надають йому пластинчастої або гратчастої будови. Навколо зерен ільменіту місцями спостерігаються наростання мікрокристалів циркону. Інколи, в мікрогабро-норитах присутній олівін. Наведені петрографічні особливості дайок другої вікової групи вказують на їх спорідненість з титаноносними габро-норитами коростенського комплексу.

Дайки третьої вікової групи територіально та чисельно найбільш розповсюджені. Вони перетинають габро-анортозитові масиви, площі розвитку коростенських гранітів, внутрішні блоки складчастого фундаменту Коростенського плутону – Бехінський та Ушомирський, а також гнейсо-мігматити його західного облямування. До цієї групи відносяться відомі дайки габро-діабазів – Звіздаль-Заліська, Скуратинська, Рудня-Іванівська, Білокоровицька та Радовельська, а також ціла низка менших за розміром дайок авгітових діабазів та плагіопорфіритів. Ці дайки формують пояси північно-західного (Радовельський та Ставки-Кривотинський), північно-східного (Народицько-Ушомирський) та субмеридіонального (Звіздаль-Заліський) простягання [10]. Протяжність найбільшої на УЩ Звіздаль-Заліської дайки (ЗЗД) сягає 36 км при потужності 0,5–3 км. Ця дайка прориває граніти Коростенського плутону. По всій протяжності вона перекрита платформними відкладами, віком від протерозою до мезо-кайнозою. ЗЗД має зональну будову: внутрішня частина складена крупнозернистим габро-діабазом, зовнішня – дрібнозернистим авгітовим долеритом та плагіопорфіритом. Останні містять вкрапленики плагіоклазу, а також ксеноліти анортозитів та рапаківіподібних гранітів [11]. Протяжність інших дайок змінюється від перших кілометрів до сотень метрів при потужностях від сотень метрів до кількох сантиметрів. В залежності від розмірів дайок змінюється ступінь кристалічності та петрографічні особливості порід. Дайки третьої вікової групи проривають гранітоїди коростенського комплексу, вік яких 1780 млн р. [17]. Ця дата приймається в якості нижньої вікової межі формування описуваних утворень. Найбільш типовими прикладами дайкових утворень, що вкорінені у коростенські граніти є дайки авгітових плагіопорфіритів сс. Пугачівка, Ставки, Зубринка, В'язівка, діабазовий сил с. Бондарі. Верхня вікова межа формування дайок третьої групи визначається їх геологічними співвідношеннями з відкладами протоплатформного чохла. Відомо, що Радовельський дайковий пояс перетинає породи топліянянської серії в південній частині Білокоровицької грабен-синкліналі. Зокрема, Білокоровицька дайка авгітових габро-діабазів прориває теригенні відклади білокоровицької світи, накопичення яких передувало формуванню Коростенського плутону. Натомість ЗЗД у північній частині перекривається молодшими за віком вулканогенно-теригенними відкладами овруцької серії, датованими [4] у 1761 млн р. Досі достовірно не встановлено жодної базитової дайки, яка б проривала відклади овруцької серії.

Дайки третьої вікової групи представлені сублужними авгітовими габро-діабазами, а також авгітовими діабазами та плагіопорфіритами. Авгітові габро-діабazi складають головний об'єм найбільших дайок – Звіздаль-Заліської, Скуратинської, Білокоровицької, Радовельської та Рудня-Іванівської. Це гіпабісальні дайкові породи, в тій чи іншій мірі змінені низькотемпературними гідротермальними процесами. В залежності від інтенсивності змін, вони забарвлені у темно-сірі та зеленувато-сірі або більш світлі жовтувато-зелені тони. Безладна орієнтація довго-призматичних зерен плагіокла-

зу, розміром 2–7 мм, що складають основний об'єм габро-діабазів, надає їм характерної середньо- та крупнозернистої офітової структури. Так само орієнтуються правильні тонко-пластинчасті кристали ільменіту, що рівномірно поширені в породі. В інтерстиціях плагіоклазів розташовані ксеноморфні зерна авгіту та більш правильні кристали олівіну, а також продукти їх постмагматичних змін. За кольоровим індексом М серед габро-діабазів розрізняються більш розповсюджені лейкократові відміни ($M < 35\%$) та менш поширені – мезократові ($M > 35\%$). Головними мінералами є плагіоклаз (59–76 %) та авгіт (2–12 %). Олівін має підпорядковане значення, але, за продуктами його заміщення, можна припустити, що його первинний вміст міг бути 5–15 %. Характерними є підвищені концентрації ільменіту (1–7 %) та апатиту (1–3 %), що іноді досягають промислових значень. Найбільш звичайний акцесорний мінерал – циркон. Ульвошпінель, бадделеїт та цирконоліт у досліджуваних породах діагностовані автором вперше. В інтерстиціях плагіоклазів постійно присутній калішпат та кварц, як в самостійних зернах так і у вигляді гранофірового агрегату. Калішпат інколи формує тонкі переривчасті кайми навколо ідіоморфних зерен плагіоклазу. Звичайними є також реакційні келіфітові оболонки титаністого біотиту навколо ільменіту. Первинний плагіоклаз габро-діабазів заміщується серицитом, пренітом, кліноцоїзитом та альбітом. По авгіту розвиваються променисті амфіболи, по олівіну – хлорит, хлорофейт, стільпномелан, актиноліт, ідингсит, тальк та магнетит.

Авгітові діабazi та плагіопорфірити складають чисельні дайки невеликого розміру, а також зальбандові частини великих габро-діабазових дайок. Авгітові діабazi сс. Бондарі, Сокорики, Пугачівка, Бобриця та Олександрівка являють темно-сірі дрібнозернисті породи, як правило, афірові або з одиничними порфіровими вкрапленнями плагіоклазу. На ділянках розвитку постмагматичних змін вони світлішають, набуваючи буруватого або зеленуватого відтінку та виявляючи "офітову" орієнтацію мікролітів плагіоклазу. В ендоконтактовій частині крупних дайок, а також в найменших з них, діабazi мають афанітову структуру. Характерною є дрібно-плитчаста та кутааста окремість. Під мікроскопом встановлюються діабазові, місцями – мікропорфірові структури з поодинокими фенокристами плагіоклазу та ільменіту. Властива добра збереженість первинно-магматичних мікроструктур, незважаючи на те, що вони зазнали низькотемпературних гідротермальних змін. Так, безладна орієнтація лейстовидних зерен плагіоклазу та ільменіту з затиснутими між ними реліктовими ксеноморфними зернами авгіту вказують на первинну офітову структуру. В деяких відмінах присутні продукти девістрифікації вулканічного скла, за якими визначаються первинні інтерсерціальні та толейтові мікроструктури. Реліктові гіалопелітові та варіолітові мікроструктури виявляються в найменших дайкових тілах або в призальбандових частинах більш крупних дайок. Головні породоутворюючі мінерали найменш змінених відмін діабазів представлені плагіоклазом (49–62 %) та авгітом (7–17 %). Інколи в незначній кількості з'являється олівін або продукти його заміщення. В другорядних кількостях присутні ільменіт (5–10 %) та апатит (1–5 %). Акцесорні та рудні мінерали – циркон, пірит, сфалерит, халькопірит. По плагіоклазу розвиваються серицит, преніт, кліноцоїзит та альбіт. Постійно присутній калішпат. Авгіт заміщується променистими амфіболами, хлоритом, інколи – карбонатами. В діабазях с. Бобриця автором вперше діагностовано ільваїт. Авгітові плагіопорфірити, описані автором в районі сс. В'язівка, Бехі, Пугачівка та Сушки, відрізняються від діабазів лише порфіровою структурою. Порфірові вкрапленики в них представлені ви-

ключно плагіоклазом андезин-лабрадорного складу. Крім крупно-порфірових різновидів, як це мало місце з "волинитами", описаними В. Тарасенком біля с. Пугачівка, широко розповсюджені дрібно- та мікропорфірові. Розміри окремих мегакристів плагіоклазу можуть сягати 3–4, інколи – 6 см. Розподіл вкраплеників нерівномірний: на одних ділянках дайок спостерігаються одиничні олігофірові виокремлення, інші ділянки заповнені вкраплениками плагіоклазу, які займають до 35–50 % від загального об'єму породи. В приконтативних частинах дайок плагіопорфірити місцями характеризуються субвертикальною орієнтацією вкраплеників. Вкрапленики занурені у темно-сіру дрібнозернисту загальну масу, складену авгітовим діабазом, аналогічно зазначеному вище. Особливості дайок дослідженої вікової групи виявляють їх спорідненість з титаноносними олівіновими габро коростенського комплексу та з вулканітами овруцької серії.

Висновки. Три вікових групи сублужних базитових дайок східної частини Волинського мегаблоку Українського щита характеризуються індивідуальними геологічними та петрографічними особливостями, які можна використовувати у якості критеріїв при їх ідентифікації та співставленні з іншими магматичними утвореннями регіону. Перша вікова група представлена найдавнішими дайками метадіабазів, які вкорінені у часовому інтервалі між формуванням гранітоїдів житомирського та осницького комплексів задовго до прояву магматизму Коростенського плутону. Петрографічні ознаки базитових дайок першої вікової групи вказують на метаморфізм умов амфіболітової фації та багатократну гранітизацію з повним перетворенням мінеральних парагенезисів або збереженістю реліктових магматичних мікроstruktur дайкових порід. Петрографічно досліджені метадіабазі подібні до базитів осницького комплексу та метавулканітів клесівської серії. Дайки другої вікової групи вкорінені у вузькому часовому інтервалі між формуванням габро-анортозитових масивів та головною інтрузивною фазою гранітоїдного магматизму Коростенського плутону. Досліджені базити характеризуються незначною гранітизацією під дією коростенських гранітів, з відносно доброю збереженістю двопріоксенових парагенезисів мафічних мінералів та магнетит-ільменітовою рудною спеціалізацією. Петрографічно досліджені гіперстенові плагіопорфірити, габродолерити та мікрогабро-норити подібні до титаноносних габро-норитів коростенського комплексу. Дайки третьої вікової групи вкорінені у часовому інтервалі між граніто-

їдним магматизмом Коростенського плутону та накопиченням теригенних відкладів товчаківської світи овруцької серії. Базитові дайки третьої вікової групи характеризуються помірною зміною низькотемпературними гідротермальними процесами з доброю збереженістю первинних авгітових (олівін-авгітових) парагенезисів мафічних мінералів та апатит-ільменітовою рудною спеціалізацією. Петрографічно досліджені авгітові габро-діабазі, діабазі та плагіопорфірити подібні до титаноносних олівінових габро коростенського комплексу, а також до палеобазальтів овруцької серії.

1. Бухарев В.П., Полянский В.Д., Подлесский В.И. Петрогенетическая классификация дайковых пород северо-западной части Украинского щита // АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. – Препр. – Киев, 1988.
2. Бухарев В.П. Эволюция докембрийского магматизма западной части Украинского щита – К., 1992.
3. Верховляд В.М. Возрастные этапы магматизма Коростенского плутона // Геохимия и рудообразование. – 1995. – Вып.21. – С. 34–47.
4. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой / Н.П. Шербак, Г.В. Артеменко, И.М. Лесная [и др.] – К., 2008.
5. Зинченко О.В., Гринченко В.Ф., Добрянский Ю.Е., Лабунский В.Ф. Геохимические типы даек северо-западной части Украинского щита и некоторые вопросы их стратиграфического положения // Геол. журн. – 1986. – Т.46. – №1. – С. 68–78.
6. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита: Поясн. зап. / К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк [та інші] – К., 2004.
7. Костенко Н.М., Супруненко Н.С., Высоцкий Б.Л. Петрохимические особенности дайковых базитов северной части Украинского щита // Советская геология. – 1990. – №7. – С. 90–95.
8. Лебединский В.И. Дайковые породы Житомирской области как составная часть Коростенского плутона // ЗВМО. Втор.сер. – 1952. – Ч. 81. – Вып.4. – С. 303–305.
9. Личак И.Л. Петрология Коростенского плутона. – К., 1983.
10. Митрохин О.В., Омельченко А.М. Петрографічні особливості та формаційна приналежність сублужних долерит-діабазових дайкових комплексів Українського та Балтійського щитів // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2009. – Вып.47. – С.19–23.
11. Митрохин О.В., Омельченко А.М. Петрографія габро-долеритів Звіздаль-Заліської дайки // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2006. – Вып.36. – С.30–32.
12. Митрохин А.В., Омельченко А.Н., Андреев А.А. Петрология и формационная принадлежность габродолеритов Рудня-Базарской интрузии (Волинский мегаблок Украинского щита) // Минерал. журн. – 2010. – Т.32. – №1. – С. 57–66.
13. Митрохин О.В., Омельченко А.М., Овчарук К.М. Стратиграфія та магматизм Бехінського блоку складчастого фундаменту Коростенського плутону // Проблеми стратиграфії кам'яновугільної системи: (зб. наук. праць) / відпов. ред. П.Ф. Гожик, С.А. Вижва – К., 2008. – С.155–160.
14. Омельченко А.М., Митрохин О.В. Дайкові породи Бехінського блоку складчастого фундаменту Коростенського плутону // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2009. – Вып.46. – С.10–13.
15. Шмельов Е.Г. Систематика та металогенічна роль базитових дайок Волинського блоку Українського щита: дис. канд. геол. наук – К., 2001.
16. Шумлянський Л.В., Білоусова О.А., Єлмінг С.-О. Про ізотопний вік порід палеопротерозойської габродолеритової асоціації північно-західного району Українського щита // Мінерал. журн. – 2008. – Т. 30. – №4. – С. 58–69.
17. Шумлянський Л.В., Богданова С.В. U-Pb вік цирконів та геохімічні особливості ріолітів Овруцької западини, Північно-Західний район Українського щита // Мінерал. журн. – 2009. – Т.31. – №1. – С. 40–49.

Надійшла до редколегії 18.10.11

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.834+550.34.016+550.34.013.4

Д. Безродний, канд. геол. наук

ТЕХНОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ГІРСЬКИХ ПОРІД ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Наводиться технологія акустичного текстурного аналізу, що базується на петроакустичних дослідженнях і включає в себе 2 блоки: експериментальні вимірювання швидкостей квазіповздовжніх і квазіпоперечних хвиль та обробка і інтерпретація результатів. Методика дає можливість отримувати вичерпну інформацію про анізотропію пружних хвиль в гірських породах, пружну симетрію та текстуру порід, послідовність розвитку деформацій і тектонічну природу умов їх формування і перетворення тощо.

The texture analysis of acoustic technology, which is based on the petroacoustic research and consists of two parts: the experimental measurements of velocities of quasi-longitudinal and quasi-processing waves and interpretation of results are given. The method makes it possible to obtain detailed information about the anisotropy of elastic waves in rocks, the elastic symmetry and texture of rocks, a sequence of deformation and tectonic nature of the conditions of their formation and transformation, etc.

Вивчення пружної анізотропії земних надр представляє значний інтерес для вирішення багатьох проблем

фізики Землі, дислокаційної тектоніки геологічних регіонів, регіональної геології і геофізики.

© Безродний Д., 2012

Стан проблеми Наявність пружної анізотропії свідчить про існування в гірських породах на різних структурних рівнях упорядкованості різноманітної природи. Її типи визначаються механізмом деформації і тектонічним режимом формування гірських порід. Вивчення впорядкованостей текстур гірських порід дає важливу інформацію про послідовність розвитку деформацій і тектонічну природу умов їх формування і перетворення. Багаточисельні ультразвукові дослідження гірських порід (Александров К.С., Бабушка В., Баяк Є.І., Беліков Б.П., Берч І., Бурмістров О.О., Буртний Є.Є., Головата О.С., Горбачевич Ф.Ф., Жаріков Є.А., Корчин В.О., Крістенсен Н., Лобанов К.В., Продайвода Г.Т., Прос З., Рамананатандро Р., Шабанова А.О. та інші) показали, що для вичерпної характеристики асиметричної анізотропії швидкостей різних типів пружних хвиль необхідно застосовувати методи, що забезпечують визначення повного набору компонент матриці пружних постійних гірської породи.

Проте існуючі основні методи вивчення пружної анізотропії гірських порід не завжди дають можливість отримати повний розв'язок поставленої задачі.

Метод ортогональних напрямків [1, 2, 4, 7], в якому експериментальні вимірювання швидкостей повздовжніх та поперечних хвиль здійснюються у трьох ортогонально орієнтованих циліндричних або пластинчатих зразках, що виготовлені з одного блоку породи і їхня орієнтація узгоджена з елементами текстури гірської породи. Метод дозволяє виявити наявність анізотропії і зробити наближену оцінку коефіцієнту анізотропії пружних хвиль, але просторовий аналіз швидкостей пружних хвиль та визначення повного набору матриці пружних постійних він не забезпечує.

В більш удосконаленому методі сфери [1, 7] визначення анізотропії швидкостей повздовжніх хвиль здійснюється на зразках, що мають форму кулі. Він забезпечує визначення детального просторового розподілу швидкостей квазіповздовжніх хвиль та кількісну оцінку коефіцієнта анізотропії квазіповздовжніх хвиль, але неможливість дослідження швидкостей поперечних хвиль не забезпечує розрахунку пружних модулів та повного набору компонент матриці пружних постійних гірських порід.

Акустополаризаційний метод [1, 3, 7] дослідження пружної анізотропії мінералів і гірських порід базується на вивченні явища розщеплення хвиль поперечної поляризації. Метод дозволяє визначати наявність анізотропії, число і просторову орієнтацію елементів пружної симетрії середовищ, виявляти ефект лінійної акустичної анізотропії поглинання. Суттєвим недоліком методу є складність розрізнення ефектів лінійної анізотропії поглинання та пружної анізотропії, а також неможливість визначення повного набору матриці компонент пружних постійних для випадку низькосиметричних середовищ.

В методі особливих напрямків [1, 7] швидкості розповсюдження пружних хвиль вимірюються в особливих напрямках, що суворо узгоджені з елементами симетрії структури мінералів і текстури гірських порід. Метод забезпечує якісні результати при вивченні гірських порід, елементи симетрії текстур яких відомі. Він дає можливість отримати повний набір пружних постійних для текстур гірських порід із відомою просторовою орієнтацією елементів симетрії. Але у випадку, коли симетрія текстури гірської породи і просторова орієнтація її елементів невідомі, то метод особливих напрямків застосовувати неможливо.

Інваріантно-поларизаційний метод [1, 7] забезпечує можливість визначення повного набору компонент матриць пружних постійних і симетрії текстури гірських порід шляхом вимірювання фазових швидкостей різної поляризації в 9-ти напрямках куборомбододекаедра. Причому

при відсутності апріорної інформації про симетрію текстури гірської породи немає необхідності узгодження напрямків вимірювання швидкостей із просторовим положенням елементів симетрії. Визначення повного набору матриці регулярної складової ефективного тензора пружних постійних текстур гірських порід забезпечує вичерпний розв'язок задачі визначення параметрів анізотропії пружних хвиль, включаючи побудову стереопроєкцій ізоліній індикатрис фазових швидкостей квазіповздовжніх і квазіпоперечних хвиль. Безперечною перевагою інваріантно-поларизаційного методу є можливість кількісної оцінки регулярної і флуктуаційної складових ефективною фазовою швидкості пружної хвилі, що забезпечує розрізнення ефектів анізотропії неоднорідностей та можливість визначення акустичної і пружної симетрії текстури гірських порід при відсутності апріорної інформації і довільній орієнтації лабораторної системи координат.

Можливості застосування сейсмоакустичного інваріантно-поларизаційного методу для вирішення ряду геологічних задач розглянуто в роботі для текстурного аналізу деформацій гірських порід.

Дослідження природи деформованих порід базуються на парагенетичній основі, що враховує РТ – умови та реологічні властивості (характер деформації при тривалій дії напружень) середовищ, а також відповідні цим властивостям механізми дислокаційних перетворень порід [6]. При цьому при дослідженні метаморфічних порід використовується уявлення про структурно-реологічні обстановки – катазону, мезозону та первинну й вторинну епізону. Подібні обстановки певною мірою співвідносяться з відомими петрологічними зонами У.Грубенманна. Але від останніх відрізняються тим, що при їх виділенні, в першу чергу, враховуються реологічні фактори. До катазони при цьому віднесено високопластичні та навіть наближені до в'язкого середовища, що за РТ – умовами під час деформації порід відповідають гранулітові та амфіболітові фаціям метаморфізму та ультраметаморфізму. З позицій тектонофаціального аналізу найважливішими концентраторами глибоких дислокаційних перетворень геологічних середовищ є розломи, а точніше відповідні їм зони, у межах яких подібні перетворення забезпечуються зсувною течією порід. На характер і морфологічні форми реалізації такої течії впливають відзначені вище реологічні фактори. З урахуванням останніх розломи поділяються на крихкі, крихко-в'язкі та в'язкі кліважні й сланцюваті [5, 6].

Тектонічні деформації гірських порід проявляються в орієнтації кристалографічних осей мінералів, у видовженні або сплюснутті породотвірних мінералів та формуванні макро- і мікротріщин, які залежать від інтенсивності деформації і термодинамічних умов (температури, напруженого стану). Для дослідження дислокаційної тектоніки застосовують методи структурного і тектонофаціального аналізу [5, 6], в основу якого покладено кількісні ознаки деформацій та текстурно-структурні та мінеральні зміни порід, які супроводжують ці деформації.

Таким чином, існує закономірна відповідність між структурою, складом і ступенем деформації порід [1, 5, 6, 7]. Так сильно деформовані породи формуються в умовах більш низьких тисків і температур, ніж менш деформовані породи [5]. Процеси катаклазу характеризуються текстурними змінами порід і мінералів (зокрема кварцу): розгнейсуванням, переорієнтацією кристалів мінералів і зміною їх розмірів та форми тощо.

Отримані апріорні можуть бути використані при інтерпретації даних експериментальних сейсмоакустичних досліджень, моделюванні тектонофацій і їх якісній і кількісній оцінці з застосуванням акустичного методу текстурного аналізу гірських порід.

Розроблена **методика** акустичного текстурного аналізу дає можливість отримувати вичерпну інформацію про анізотропію пружних хвиль в гірських породах, визначати пружну симетрію та текстуру порід [1, 7]. Ця інформація особливо важлива при інтерпретації геофізичної інформації, отриманої при дослідженнях порід на значних глибинах і в складних геологічних умовах, зок-

рема, для тектонофаціальних досліджень метаморфічних порід.

Технологія таких досліджень (рис. 1) включає в себе 2 блоки:

- експериментальні вимірювання швидкостей квазіповздовжніх і квазіпоперечних хвиль;
- обробка і інтерпретація експериментальних результатів.

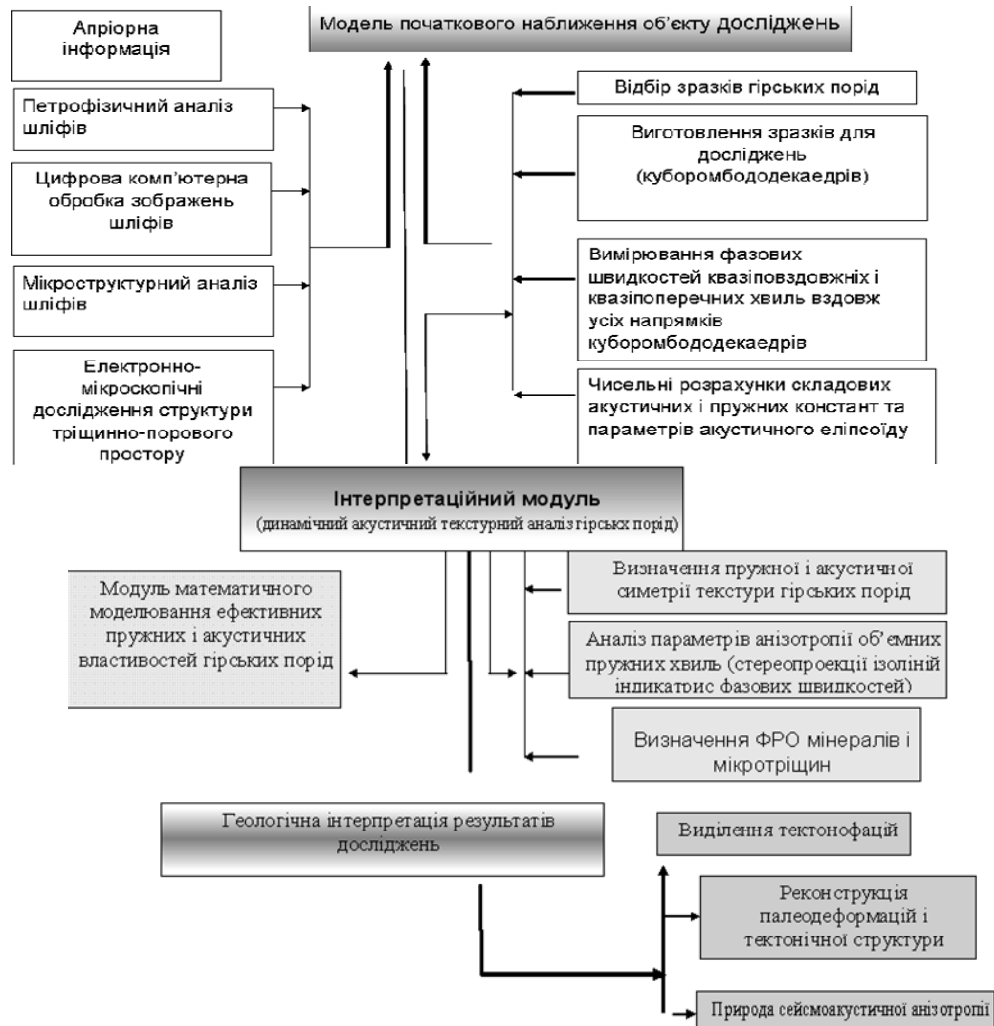


Рис. 1 Схема вимірювально-інтерпретаційної технології

Методика експериментальних вимірювань швидкостей

З штафа гірської породи на каменерізному верстаті виготовляється зразок. Форма зразка залежить від характеру анізотропності породи, що досліджується.

У випадку ізотропного середовища, достатньо проводити вимірювання швидкостей повздовжньої та поперечних хвиль в одному напрямку, форма зразка має бути циліндричною.

Якщо група симетрії породи кубічна, вимірювання швидкостей проводяться у трьох взаємоортогональних напрямках і форма зразка рекомендується у вигляді куба, або 3 циліндрів вздовж трьох взаємоортогональних напрямків.

У решті випадків, коли тип симетрії нижче або невідомий, геологічне середовище можна вважати анізотропним і зразок виготовляють у вигляді куборомбододекаедру.

Ультразвукова апаратура для вимірів швидкості забезпечує формування достатньо широкого набору частот заповнення і тривалості акустичних імпульсів, що застосовуються при вимірюваннях. Діапазон частот заповнення

імпульсів від 0,25 МГц до 5 МГц забезпечує успішне дослідження фазових швидкостей на зразках практично будь-яких генетичних типів гірських порід [1, 7].

Середньоквадратична похибка визначення швидкостей повздовжніх і поперечних хвиль у кристалічних зразках не перевищує 0,4 % для повздовжніх і 0,5 % для поперечних хвиль. У осадових породах вона дещо нижче: 0,5 % для повздовжніх і 0,9 % для поперечних на частоті 0,4–0,8 МГц.

Обробка і інтерпретація результатів петроакустичних досліджень

Розроблений алгоритм і програма інверсії азимутальної залежності квазіповздовжніх і квазіпоперечних швидкостей у функцію розподілу орієнтації мікротріщин.

На першому етапі проводиться визначення акустичних констант [1, 7], яке має важливе значення для вирішення цілого ряду задач:

- вибору стандартної акустичної системи координат,
- визначення підсистеми симетрії,
- обґрунтування методики урівноваження фазових швидкостей і т.і.

Для згладжування флуктуаційної складової ефективною фазовою швидкості, яка обумовлена недосконалістю текстур гірських порід, застосовується інваріантно-поляризаційний метод [1, 7].

Зортка акустичного тензору μ_i є інваріантом. Отже, в будь-яких трьох взаємно ортогональних напрямках хвильової нормалі сума квадратів фазових швидкостей ізонормальних хвиль буде постійною величиною. Ця фундаментальна властивість будь-якого анізотропного середовища використовується для врівноваження ефективних фазових швидкостей в робочих системах координат куборомбододекаедру [7]. Величина коефіцієнта відносної середньоквадратичної акустичної анізотропії (A_μ) визначається як міра відхилення акустичних констант анізотропної текстури від найближчої до неї ізотропної текстури.

Співставлення власних значень з урахуванням їхніх довірчих границь дозволяє визначати симетрію акустичного тензору зразків. За результатами багаторічних досліджень [1, 7] було встановлено, що для більшості зразків магматичних і метаморфічних порід симетрія акустичного тензору – ромбічна, для осадових порід характерні як ромбічна, так і поперечно-ізотропна види симетрії.

Проводиться аналіз параметрів акустичного еліпсоїду: акустичної лінійності $L_a = \mu_0 / \mu_m$ і акустичної сланцюватості $S_a = \mu_0 / \mu_p$ (тут μ_0 , μ_m , μ_p – відповідно найбільше, проміжне й найменше власні значення акустичного тензору). Графік залежності $L_a = f(S_a)$ характеризує ступінь упорядкованості елементів текстури породи вздовж окремих напрямків (акустична лінійність) або розміщення на площині (акустична сланцюватість).

На наступному етапі обчислюється усереднена (регулярна) складова $\langle C_{mn} \rangle$ ефективного тензору пружних постійних, яка дає оцінку дисперсії згладженої флуктуаційної складової.

Визначені на другому етапі повні набори компонент матриць ефективних пружних постійних дають можливість провести аналіз параметрів анізотропії пружних хвиль. Їхня азимутальна залежність представляється у вигляді стереопроєкцій ізоліній вказівних значень параметрів: фазової швидкості квазіповздовжньої та різниці між "швидкою" і "повільною" квазіпоперечними хвилями, кута відхилення вектора пружних зміщень і векторів променевих швидкостей від напрямку хвильової нормалі, диференціального коефіцієнту пружної анізотропії.

При аналізі параметрів акустичного еліпсоїду текстур метаморфічних порід береться до уваги, що його тензор має геометричний образ, який представляє собою характеристичну поверхню другого порядку – трьохосний еліпсоїд. Якщо скористатися узагальненим поняттям цієї поверхні, то можна побудувати поверхню, яка зв'язана із компонентами акустичного тензора, приведеними до головної системи координат, рівняння якої має такий вигляд:

$$\frac{x_1^2}{\langle \mu_1 \rangle^2} + \frac{x_2^2}{\langle \mu_2 \rangle^2} + \frac{x_3^2}{\langle \mu_3 \rangle^2} = 1.$$

Ця поверхня є акустичним еліпсоїдом і має тісний взаємозв'язок із формою і орієнтацією еліпсоїда деформації, який характеризує скінчену однорідну деформацію. Хід деформації геометрично виражає зміни форми еліпсоїду деформацій. Внаслідок прогресивного розвитку цього процесу кожний еліпсоїд деформації при зміні від кулі до його кінцевої форми повинен пройти через неперервну серію інших еліпсоїдальних форм. Акустичний еліпсоїд характеризує ступінь упорядкованості структурних елементів текстури гірської породи, а інтегральний коефіцієнт акустичної анізотропії – наскільки

текстура гірської породи відхиляється від найближчої до неї неупорядкованої до текстури.

Зміна форми і орієнтація структурних елементів гірської породи обумовлені девіаторною складовою тензора деформацій. Інтенсивність деформації зсуву, яка і спричиняє орієнтацію структурних елементів, визначається величиною, яка з точністю до постійних, дорівнює другому інваріанту девіаторної частини тензора деформацій:

$$I_\varepsilon = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2},$$

де ε_1 , ε_2 , ε_3 – власні значення деформацій [1, 7].

Беручи до уваги, що зі збільшенням концентрації упорядкованих структурних елементів при збільшенні інтенсивності деформації зсуву, відповідно збільшується і величина інтегрального коефіцієнту акустичної і пружної анізотропії. Цілком природно це дає підстави стверджувати, що величина інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії I_μ повинна бути пропорційна параметру інтенсивності деформацій I_ε , а саме:

$$I_\mu = \theta \cdot I_\varepsilon,$$

де θ – деякий масштабний множник, який залежить від фізичної природи упорядкованих структурних елементів текстури гірської породи.

В свою чергу, величина інтенсивності деформацій з точністю до постійного множника, дорівнює куту зсуву ω_ε між двома ортогональними напрямками, які лежать в октаедричній площадці, тобто:

$$\omega_\varepsilon = \sqrt{\frac{2}{3}} I_\varepsilon,$$

де ω_ε – кут, що визначає положення ортогональних напрямків в октаедричній площадці, між якими відбувається зсув. Відповідно, величина кута зсуву буде пропорційною величині інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії:

$$\omega_\varepsilon = \beta I_\mu,$$

де β – деякий масштабний множник, який залежить від фізичної природи упорядкованих структурних елементів текстури гірської породи. Встановлена тенденція зменшення цього показника з зростанням балу тектонічних перетворень [1].

Розроблена методика акустичного текстурного аналізу тектонофацій була застосована для зразків метаморфічних порід свердловин полігону Криворізької наглибокої свердловини і її полігону.

За методикою інваріантно-поляризаційного методу були виміряні швидкості квазіповздовжніх і квазіпоперечних (швидка і повільна) пружних хвиль зразків метаморфічних порід КНГС і її полігону. На основі отриманих швидкісних даних були визначені повні набори матриць акустичних і пружних постійних. Вони дозволяють зробити певні висновки відносно пружної симетрії порід, які відібрані зі значних глибин. Розглянуті кристалічні сланці, залізисті кварцити, амфіболіти, плагіограніти і плагіомігматити, гнейси. Текстури досліджених порід відносяться до класу планальних і аксіальних текстур моноклінної, тетрагональної та ромбічної симетрії.

В досліджених зразках порід, які неодноразово зазнавали впливу тектонічних деформацій, анізотропія викликана впорядкованістю мікротріщин і мінералів за формою та кристалографічною орієнтацією мінералів. Впорядкованість мікротріщин, яка викликана залишковими напруженнями, змінюється в межах зразка та відображає зміну локальних полів мікронапруг, які обумовлені будовою петроструктури.

Висновки Таким чином, наведена в статті технологія дослідження пружної анізотропії на прикладі методи-

ки акустичного текстурного аналізу повністю враховує пружну анізотропію геологічного середовища, базується на петроакустичних дослідженнях і обробці отриманих матеріалів за допомогою інверсії азимутальної залежності квазіповздовжніх і квазіпоперечних швидкостей у функцію розподілу орієнтації мікротріщин. Технологія дає можливість отримувати вичерпну інформацію про анізотропію пружних хвиль в гірських породах, пружну симетрію та текстуру порід, відтворює розвиток деформацій та тектонічну природу умов їх формування і перетворення, вирішує інші геологічні задачі.

1. Безродний, Д.А. Пружна анізотропія метаморфічних порід Кривбасу і її використання для вирішення задач тектонофаціального аналізу // Дис. на здобуття наукового ступеня канд. геолог. н. – 2008. – 250 с. 2. Бурмистров, А.А. Новое в изучении упругой анизотропии метаморфических пород кольской серии. / А.А.Бурмистров, Е.А.Жариков,

К.В.Лобанов // Тези наук. конф. "Ломоносовские чтения". – 2004. – <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1170523>. 3. Головатая, О. С. Изучение анизотропии упругих свойств и ее влияния на напряженное состояние пород верхней части земной коры на примере Кольской сверхглубокой скважины/ О. С.Головатая // дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. – Апатіти. – 2004. – 218 с. 4. Корчин, В.О. Региональные диагностичні петрофізичні особливості порід антарктичного півострова (район станції Академік Вернадський) / В.О. Корчин, п.о.Буртний, О.Є. Карнаухова та інші // Український антарктичний журнал, 2010, № 9. – 2010. – С. 23–31. 5. Лукієнко О.І. Типи розломів за реологічними формами прояву та їх будова, умови та фактори утворення і еволюція / О.І.Лукієнко // Вісник Київськ. ун-ту, Геологія, 1998. – вип. 15. – С. 12–17. 6. Паталаха Е.И. Тектонофаціальний аналіз складчатих сооружений фанерозоя (обоснование, методика, приложение) / Е.И.Паталаха // – М.: Надра, 1985. – 168 с. 7. Продайвода, Г.Т. Акустичний текстурний аналіз тектонофацій метаморфічних порід Криворіжжя / Г.Т.Продайвода, С.А.Вижва, Д.А. Безродний, І.М.Безродна // ВПЦ "Київський університет". – 2012. – 368 с.

Надійшла до редколегії 08.02.12

УДК 550.834+550.34.016+550.34.013.4

І. Безродна, канд. геол. наук,
О. Демченко, студ.

ВИВЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРИГЕННИХ ПОРІД В УМОВАХ ЗМІННОГО ТИСКУ (НА ПРИКЛАДІ СВЕРДЛОВИН ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОГО РЕГІОНУ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Вивчено закономірності зміни акустичних властивостей кембрійських та девонських теригенних порід свердловин Волино-Поділля в залежності від прикладеного тиску. Розраховані значення швидкостей повздовжніх хвиль зразків для глибин їх відбору. Виділено окремі групи порід, що корелюються за акустичними, смісними та петрографічними параметрами. Якісно визначено структуру пустотного простору порід.

The regularities of changes in acoustic properties of the Carboniferous and Devonian terrigenous rocks wells Volyn-Podolia, depending on the applied pressure. The value of longitudinal wave velocities for the depth of selection calculated. There are separate groups of species that correlated with acoustic, emptiness and petrographic parameters. Qualitatively determined the structure of hollow space rocks.

В період, коли видобуток нафти і газу в світі з кожним днем зростає, необхідно приділити важливу увагу тим родовищам, на яких з тих чи інших причин, не було отримано продуктивних притоків флюїду.

Питання реалізації нерозвіданої частини ресурсів Волино-Поділля пов'язане насамперед з фондом нафтогазоперспективних об'єктів, зокрема його резервом – виявленими й підготовленими структурами. Для подальшого вивчення перспектив нафтогазоносності Волино-Поділля необхідно насамперед посилити геофізичні роботи з виявлення й підготовки об'єктів у різних перспективних комплексах даного регіону [6]. Саме тому постає проблема повторного дослідження властивостей порід, які можуть бути визнані продуктивними за допомогою сучасних петрофізичних методів дослідження, вимірювальної апаратури, методів інтерпретації геофізичних даних.

Метою даної роботи є вивчення закономірностей зміни акустичних властивостей кембрійських теригенних порід сьоми свердловин Волино-Поділля в залежності від прикладеного тиску для використання результатів досліджень при оцінці перспективності порід-колекторів.

Стан проблеми Відомо, що швидкість пружних хвиль в мінералах за високих тисків змінюється згідно з їх кристалічною структурою в особливих напрямках, якими є вісі симетрії або перпендикуляри до площини симетрії [1, 4].

Різке зростання швидкості в гірських породах за невеликих тисків обумовлено ліквідацією мікротріщинних дефектів. За тисків вище 200 МПа швидкість зростає повільно, в інтервалі від 200 до 1500 МПа вона зростає лише на 3–8 % [5, 7].

З ростом тиску здатність стискання пустот зменшується, тобто збільшується пружність породи, що призведе до зростання швидкості. Чим вища пористість порід, тим більша зміна пружності породи, що пов'язано

зі зменшенням здатності пустот до стискання при збільшенні тиску.

Встановлено [7], що при впливі зовнішнього тиску до 250 МПа на зразок, швидкість поздовжніх хвиль, при збільшенні тиску, зростає, причому основна її зміна спостерігається в діапазоні зміни тиску від атмосферного до 50–100 МПа. При подальшому зростанні тиску градієнт збільшення швидкості зменшується, і графік швидкості часто прямує до асимптоти. Але вплив тиску на швидкість для порід з різною структурою та складом також є різним. При збільшенні тиску до 250 МПа швидкість в залежності від типу породи збільшується від 5–10 % до 80–100 %.

При вивченні пісковиків та їх більш мілкозернистих різновидів (алевролітів) важливе значення має мінеральний склад та структура цементу порід, оскільки ці фактори визначають поведінку в процесі деформації. Мінімальна зміна швидкості зі збільшенням тиску спостерігається в уламкових породах, зцементованих кварцовим або кременистим цементом, а найбільші – глинистим. Для уламкових порід, що зцементовані кварцовим або кременистим цементом, стискання пустот мінімальне, внаслідок чого зміна швидкості від тиску також повинна бути мінімальна. Пісковики та алевроліти, в яких цемент глинистий базального та контактового типу, мають більш високі значення стискання пустот та, відповідно, за однакової пористості з пісковиками, що зцементовані опаловим цементом, будуть мати менші значення V_p та більшій діапазон зміни V_p в залежності від зміни тиску.

Серед домішок осадових порід найменшу швидкість мають глини. Причина полягає в тому, що зерна глинистих мінералів дуже тонкодисперсні і, як наслідок цього, глини мають високу пористість. Як відомо, кристалічна решітка глинистих мінералів складається із пакетів, зв'язки між якими слабкіші.

Відомо, що зміна швидкості, обумовлена збільшенням тиску від атмосферного до 150 МПа, для осадових порід збільшується зі збільшенням пористості, причому пропорційна величині пористості [5].

Методика петрофізичних досліджень Для експериментальних петрофізичних досліджень використовувалась установка ультрависоких тисків, яку було сконструйовано на геологічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка [1, 3]. Установка дає можливість при зміні тиску від 1 атм. до 600 атм. вимірювати швидкості пружних хвиль та електричний опір зразків.

Принцип знаходження швидкостей пружних хвиль полягає в тому, що в камеру установки поміщається зразок, що насичений моделлю пластової води, та затискається між двома ультразвуковими датчиками; через визначений інтервал часу, хвилин в установці змінюється

тиск та вимірюється частота проходження пружної хвилі через зразок. Після цього, на основі наявних даних – довжина зразка та частота проходження пружної хвилі – визначаємо швидкість поздовжньої хвилі [1, 3].

Процес дослідження можна розділити на два етапи. Під час першого етапу тиск збільшується від 1 атм. на 50 атм. до 600 атм., а під час другого – зменшується від 600 до 1 атм.

Результати дослідження В процесі досліджень було проведено вимірювання 37 зразків-пісковиків, що датуються віком кембрію та девону, свердловин Волино-Поділля (табл. 1): визначено швидкості поздовжніх хвиль та коефіцієнт відкритої пористості при змінних тисках, а також розраховано ці параметри для певних глибин відбору зразків Володимирської, Великомоштівської, Добротвірської, Лудинської, Ліщинської, Сокальської та Сушнівської площ.

Таблиця 1

Характеристика зразків, що було відібрано для аналізу досліджень пружних властивостей в умовах високого тиску

Площа	№ зразка	Глибина відбору, м	Вік	Літологія	Швидкість в атмосфер. умовах, м/с	В пластових умовах			
						Температура, °C	Тиск, кГс/см ²	Швидкість, м/с	K _п , %
Володимирська	Вл_4	2525	Є	Пісковик дрібнозернистий	3899	71	304	4400	11,7
	Вл_25	2189–2200	Є	Пісковик	3952	61	261	4250	8,4
	Вл_28	2210–2219	Є	Пісковик дрібнозернистий	3661	62	264	4140	11,2
	Вл_30	2263–2268	Є	Пісковик дрібнозернистий	3466	63	270	4100	11,5
	Вл_32	2268–2272	Є	Пісковик білий, тонко-дрібнозернистий	4649	64	271	4820	5,6
	Вл_34	2296–2304	Є	Пісковик	4056	64	275	4680	9,1
	Вл_38	2296–2304	Є	Пісковик дрібнозернистий	3732	64	275	4150	10,4
Велико-моштівська	Вм_34	2242–2250	D	Пісковик тонкозернистий світло-сірий	4399	63	268	4660	5,25
Добротвірська	До_9	3236–3238	Є	Пісковик світло-сірий дрібно-середньозернистий	4564	91	395	5180	2,75
	До_10	3362–3365	Є	Пісковик світло-сірий, тонкозернистий	4146	94	411	5090	4,8
	До_12	3389–3390	Є	Пісковик дрібно- та середньозернистий	5355	95	414	5710	1,75
	До_17	3676–3679	Є	Пісковик дрібнозернистий, світло-сірий	5364	103	451	5620	2,4
Лудинська	Лу_8	2862	Є	Пісковик	4394	80	347	4820	6,5
	Лу_9	2866	Є	Пісковик дрібнозернистий	4707	80	347	5020	4,7
	Лу_11	2875	Є	Пісковик дрібнозернистий	4400	81	348	5040	3,5
	Лу_13	3005	Є	Пісковик	4065	84	365	4520	10
	Лу_15	3009	Є	Пісковик	4844	84	366	5220	3,9
	Лу_30	2954–2958	Є	Пісковик тонкозернистий	4017	83	359	4510	9,4
	Лу_33	3056–3062	Є	Пісковик тонкозернистий	4771	86	372	5160	6,8
	Лу_35	3081–3086	Є	Пісковик	4031	86	375	4690	9,2
	Лу_37	3102–3110	Є	Пісковик	4022	87	378	4580	10,3
Ліщинська	Лу_43	2760–2761,5	Є	Пісковик тонко-дрібнозернистий	4812	77	334	5210	5,7
	Лщ_15	3845–3850	D	Пісковик	5106	108	473	5470	1,9
Сокальська	Со_5	3113–3115	Є	Пісковик світлий бурувато-сірий	4664	87	379	5190	4
	Со_10	3308–3315	Є	Пісковик сірий, тонкозернистий	5247	93	404	5680	5,2
	Со_18	3406–3409	Є	Пісковик тонкозернистий, світло-сірий	5189	95	471	5590	1,45
	Со_19	3484–3506	Є	Пісковик сірий, тонкозернистий	4844	98	428	5220	3,1
	Со_20	3484–3506	Є	Пісковик сірий, тонкозернистий	4664	98	427	5210	4,05
Сушнівська	Су_8	2522–2525	Є	Пісковик дрібно- та середньозернистий	4043	70	303	4700	8,15
	Су_10	2529–2532	Є	Пісковик світло-сірий, дрібнозернистий	4609	70	304	5200	3,7
	Су_12	2537–2541	Є	Пісковик світло-сірий	4801	70	305	5220	3,75
	Су_15	2638–2641	Є	Пісковик світло-сірий	4871	75	318	5410	2,6
	Су_18	2545–2550	Є	Пісковик світло-сірий	4522	70	306	5010	4,4
	Су_19	2500–2502	Є	Пісковик тонкозернистий білий	4460	70	300	5200	5,4
	Су_21	2498–2502	Є	Пісковик тонкозернистий білий	4784	70	300	5440	5,25
	Су_22	2522–2525	Є	Пісковик тонкозернистий	4598	70	303	5000	4,45
	Су_23	2559–2562	Є	Пісковик світло-сірий, тонкозернистий	4803	70	308	5190	6,15

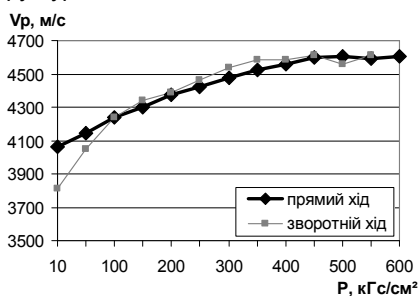
Авторами встановлено, що при збільшенні тиску швидкості повздовжніх хвиль зростають, але нелінійно і неоднаково (з різною інтенсивністю та криві $V_p = f(P)$ мають різний вигляд. Швидкості в них при атмосферних умовах ($P = 0$) змінюються від 3900 (зразок Вл_25, що відібраний з глибини 2189–2200 м Володимирівської свердловини № 1) до 4800 м/с (зразок ЛЩ_15, що відібраний з глибини 3845–3850 м свердловини Ліщинська, 1), а при накладанні тиску – збільшуються непропорційно та характеризує як структуру пустотного простору так і структурно-текстурні особливості зразків-пісковиків. На швидкість повздовжніх хвиль зразків має великий вплив їх пористість, яка з глибиною відбору, в цілому, зменшується, але це не відбувається систематично.

Розраховані для глибини відбору зразків значення швидкостей повздовжніх хвиль і пористості можуть використовуватись при складанні петрофізичних залежностей типу "керн"-ГДС для проведення переінтерпретації даних ГДС по свердловинах Волино-Поділля. Але за характеристиками функцій $V_p = f(P)$ можна провести додатковий аналіз для уточненої характеристики зразків при оцінці перспектив нафтогазоносності інтервалів відбору порід.

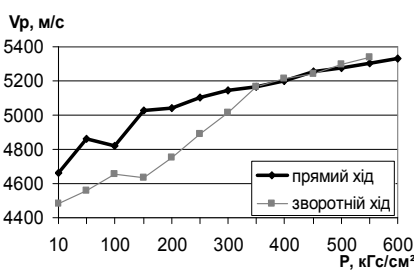
Авторами проведений аналіз результатів вивчення акустичних властивостей пісковиків в умовах змінних тисків та систематизація отриманих матеріалів. При систематизації всіх наявних результатів досліджень зразків окремих площ за даними петрофізики та макро-мікропетрографії враховувались:

- літологічний склад порід;
- структура зразка;
- розміри зерен мінералів;
- текстура зразка;
- діапазон зміни швидкості пружних хвиль;
- діапазон зміни коефіцієнта пористості;
- форма кривої $V_p = f(P)$.

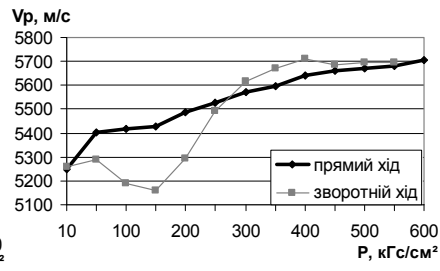
При аналізі всіх закономірностей впливу тиску на швидкості повздовжніх хвиль в насичених зразках-пісковиках 7 площ Волино-Поділля було проведено групування зразків. Окремо по площах сформовано 9 груп теригенних порід з однаковими акустично-ємнісними та структурно-літологічними особливостями порід.



а



б



в

Рис. 1. Приклади кривих $V_p = f(P)$ для зразків трьох груп пісковиків,

що виділені за акустично-ємнісними та структурно-літологічними особливостями порід (а – Лу-13, б – Со-5 і в – Со-18)

Різкі зміни значень V_p характеризують, ймовірно, зашполювання тріщин невеликого діаметру і говорить про наявність тріщин різного формату.

Третя група пісковиків має пористість невисоку (до 4–5 %). Криві $V_p = f(P)$ прямого ходу мають обов'язкові невеликі стрибки в області до 100 кГс/см², а $V_p = f(P)$ зворотного ходу – сильно змінені порівняно з прямим (приклад на рис. 1в). Це вказує на порушення структур-

Наведемо приклад групування зразків-пісковиків при аналізі результатів досліджень Володимирівської площі, де авторами виділена група порід, до якої відносяться зразки Вл_4, Вл_28, Вл_30, Вл_34 та Вл_38. При систематизації всіх наявних результатів досліджень зразків отримано такі загальні риси:

- однаковий літологічний склад – зразки представлені пісковиками дрібнозернистими;
- подібну структуру, що визначається як псамітова, із розмірами зерен менше 0,1 мм;
- текстура в загальному випадку неоднорідна, не шарувата;
- однаковий діапазон зміни швидкості повздовжніх хвиль (3600–4700 м/с);
- подібна форма кривої $V_p = f(P)$, де криві не мають різких змін та стрибків швидкостей;
- швидкості повздовжніх хвиль всіх зразків збільшуються при зворотному ході;
- коефіцієнт пористості високий та змінюється від 9,1 % до 11,7 %;
- зразки можуть характеризуватися як вірогідні колектори з переважною гранулярною пористістю.

При узагальненні результатів досліджень всієї колекції зразків встановлено, що деякі групи порід корелюються між собою і в цілому нами виділено 3 групи зразків [3].

Перша група – пісковики псамітової структури із розмірами зерен менше за 0,1 мм неоднорідної текстури і високої пористості (переважно зразки Володимирівської площі). Криві $V_p = f(P)$ характеризуються як доволі круті з невеликими значеннями V_p (до 4700 м/с), але не стрибкоподібні із більшими значеннями V_p зворотного ходу (приклад на рис. 1а). Це пояснюється переважною гранулярною пористістю зразків, яка руйнується під час накладання напруги і не відновлюється при її знятті [2, 3].

Друга група тонко- і дрібнозернистих пісковиків має середню порівняно з іншими пористість (3,5–7 %), а криві $V_p = f(P)$ можуть носити стрибкоподібний характер як в прямому, так і в зворотному ході (приклад на рис. 1б).

но-текстурних особливостей та структури пустотного простору в зразках в період вимірювань.

Деякі зразки не входять в жодну з груп, що говорить про особливості їх будови, які не вивчено в даній статті і потребують додаткових досліджень.

Висновки Таким чином, проведений комплексний аналіз результатів досліджень акустичних властивостей теригенних зразків Волино-Поділля в умовах змінних тисків надав можливість визначити особливості структури мінерального скелету і перше якісне наближення

структури пустотного простору порід, а також виділити окремі групи порід, що корелюються за певними акустичними, ємнісними та петрографічними параметрами. Загалом, виділено 3 групи теригенних порід регіону з міжзерновою, тріщинною та складною пористістю.

Результати даних досліджень добре корелюються з теоретичними відомостями, які були отримані, при опрацюванні попередніх робіт присвячених даній проблемі. Але по деяких площах спостерігається невідповідність кривих зворотного ходу з кривими прямого ходу. Дана особливість потребує більш детального вивчення.

Матеріали, що отримано на основі аналізу результатів петрографічних і петрофізичних досліджень в умовах змінних тисків можуть бути використані для вирішення ряду прикладних задач, зокрема, для кількісного аналізу структури пустотного простору теригенних порід регіону, а також при використанні результатів

акустичного каротажу та коефіцієнтів пористості порід в умовах природного залягання з подальшим прогнозування продуктивних товщ. та, відповідно, оцінки перспектив нафтогазоносності порід-колекторів.

1. Александров К.С., Продайвода Г.Т. Анизотропия упругих свойств минералов и горных пород – Новосибирск, 2000.
2. Баяк Е.И., Воларович М.П., Левитова Ф.М. Упругая анизотропия горных пород при высоких давлениях – М., 1982.
3. Омельченко А.В., Вишва С.А., Безродна І.М. та інші "Комплексні геолого-петрофізичні дослідження складнобудованих порід-колекторів східного схилу Львівського палеозойського прогину". – Звіт з НДР. 2011 р. – 594 с.
4. Добрынин В.М. Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа – М., 1970.
5. Физические свойства коллекторов нефти при высоких давлениях и температурах / Сборник статей, под ред. В.П. Баяк, – М., 1965.
6. Юник Н.В. Перспективи та проблеми освоєння нерозвіданих ресурсів вуглеводнів західного регіону України // Горючі корисні копалини – 2011. – №2. – С. 29–33.
5. Physical rock properties database. Rock samples. / http://gdr.nrcan.gc.ca/rockprop/rock_e.php

Надійшла до редколегії 06.02.12

УДК 550.83-1029.12

О. Меньшов, канд. геол. наук, О. Круглов, канд. геол. наук, А. Сухорада, канд. геол.-мін. наук, доц., Р. Хоменко, інж. І кат.

УЛЬТРАДЕТАЛЬНА МАГНІТОМЕТРІЯ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ. ЕКОНОМІЧНІ ТА АГРАРНІ АСПЕКТИ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук І.М. Корчагіним)

Розглянуто теоретичні та прикладні питання ультрадетальної магнітометрії, зокрема її аграрного розділу. Проаналізовано економічний аспект використання ультрадетальної магнітометрії у сільському господарстві та ґрунтознавстві. Наведено приклади ультрадетальних магнітних досліджень з метою оцінки ерозії, деградації та родючості ґрунтових покривів.

Theoretical and applied issues of the ultradetailed magnetometry and its agricultural section are considered. The economic aspect of using ultradetailed magnetometry for agriculture and pedology is analyzed. The examples of the ultradetailed magnetic investigations for estimation of soil erosion, degradation and fertility are presented

Вступ. Вступ до СОТ, подальша міжнародна інтеграція внесли певні корективи у роботу всіх галузей вітчизняної економіки. Не залишили осторонь вони і геологорозвідувальні підприємства. Їм доводиться проводити господарську діяльність в умовах гострої конкуренції з транснаціональними компаніями, що мають краще технічне та кадрове (часто саме за рахунок вітчизняних виробників) забезпечення, користуються підтримкою потужного фінансово-політичного лобі. У результаті – втрата об'ємів робіт, часткове згортання виробничих потужностей, занепад.

Загальний стан економіки України, що хоч і демонструє останнім часом певні позитивні тенденції, наразі не дає надію на скоре одужання, швидке вирішення господарських негараздів.

Одним з шляхів виходу із ситуації, що склалася, є диверсифікація ринку збуту геологічних послуг, тобто їх просування на ті ринки, де традиційно вони не були представлені. Мова йде про застосування методів геологорозвідки для потреб охорони природи, аграрного комплексу, археології, ґрунтознавства. Приклади такої співпраці відомі вже кілька десятиліть, проте її рівень не зріс далі наукових розробок та поодиноких випадків впровадження на виробництві. Цього явно недостатньо, щоб вважати ці ринки перспективними, тому перед геологічною наукою слід поставити завдання: сформулювати перелік послуг та поставити серію дослідів для їх доведення до споживчих вимог перелічених галузей.

Серед ймовірних ринків, на нашу думку, одним із перспективних виглядає аграрний сектор. Поміж проблем цієї провідної галузі економіки держави, для вирішення яких можна застосовувати методи геофізики є картування деградаційних процесів, питання ерозії ґрунтового покриву, визначення відносної родючості ділянок. У зв'язку зі майбутньою зміною земельних відносин (перехід до повної приватної власності на землю за умов функці-

онування земельного ринку) попит на вирішення цих завдань надалі тільки збільшуватиметься.

Для вирішення деяких проблемних питань сільського господарства методами геології (точніше – геофізики) найбільш широко застосовують магнітні методи, причому історія такого застосування налічує понад 40 років. Враховуючи вимоги та потреби сучасної аграрної науки, що включають і високу точність визначень (у рамках концепції "точного землеробства" [8]), можна визначити і найбільш перспективний напрямок – ультрадетальна магнітометрія.

Результати та їх обговорення. Під ультрадетальною магнітометрією ми розуміємо комплексні магнітометричні дослідження геологічного середовища, які включають магнітну зйомку з необмеженою детальністю та вивчення петро- і педомагнітних характеристик, зокрема ефективної намагніченості природних об'єктів.

Ультрадетальна магнітна зйомка дозволяє отримувати інформацію про існуюче магнітне поле, яке із високим ступенем наближення відповідає теоретичній ідеальній моделі (поле відоме у кожній точці простору з абсолютною точністю). Принциповою відмінністю ультрадетальної магнітної зйомки порівняно з мікромагнітною зйомкою професора Лаутербаха є розповсюдженість її на значні території. У такий спосіб ультрадетальна магнітна зйомка дозволяє отримувати матеріали, які можуть бути використані при усіх видах досліджень – від вивчення ґрунтового покриву до пошуків нафти і газу. Крім того, результати такої зйомки не потребують періодичного оновлення, включаючи зміну масштабу спостережень.

Справді, жоден з інших методів не зрівняється з магнітометрією за оперативністю, точністю визначення, продуктивністю, відсутністю впливу на зразок та довкілля та, головне, відносною дешевизною послуг [1, 2]. Можливості сучасної апаратурної навігаційної бази дозволяють

поєднувати процес агротехнічного обробітку земель та процедуру магнітної зйомки. Роботи у цьому напрямку проводились і на території нашої країни [9].

У результаті такого поєднання отримуються не лише детальні карти магнітних властивостей ґрунтів, що можуть використовуватися аграріями, а і цінний матеріал, який буде корисним і для геологів. Свого часу це отримало назву "геофізика подвійного призначення" [10, 11].

З появою на вітчизняних землях великої кількості (особливо після реформування КСП у 1999 році) дрібних господарств зріс попит на детальне картування властивостей земельних ділянок (включно до виявлення "проблемних" ділянок площею у кілька арів). Вартість традиційного агрохімічного обстеження, проведеного з необхідною для таких випадків детальністю, буде наближатися до вартості самих землеволодінь. У той же час геофізики досить давно звернули увагу на кореляцію магнітних властивостей ґрунтів і такого важливого інтегрального показника якості ґрунтів як родючість. Детальні роботи з цього питання публікуються у науковій пресі, у тому числі вітчизняній, ще з 80-х років минулого століття [3, 4]. Так, зокрема, нашими дослідженнями було показано різке падіння величини значень питомої магнітної сприйнятливості верхнього горизонту ґрунтового покриву на гідроморфних та галоморфних ділянках, тобто у фацій з пониженим рівнем актуальної родючості, навіть якщо це не виражено морфологічними характеристиками [12].

Повертаючись до питання пошуків нових, економічно доцільних технологій у сільському господарстві слід відзначити, що особливий інтерес до нових підходів досліджень проявляють ерозієзнавці. Серед проблем, що постали перед ними є відсутність методів швидкого визначення ступеню проявів дії водної ерозії. У свою чергу досліді по вивченню ерозійних процесів магнітними методами проводились як в Україні так і на території інших країн, досягнуто певних результатів – включно до патентування відповідної технології [6, 7]. Розвиток цих досліджень та адаптація до реалій АПК були б взаємовигідними.

Виходячи із зазначеного вище стає очевидним, що науковий та практичний інтерес викликає можливість застосування результатів ультрадетальної магнітної зйомки для вимірювання ерозійних параметрів ґрунтів, моніторингу ерозійних процесів, калібрування та апробації моделей ерозії – основи стратегії планування проведення протиерозійних заходів. Розглянемо декілька прикладів використання магнітних методів при картуванні ґрунтових покривів для вирішення зазначених аграрних задач. На рис.1. представлено результати вивчення магнітної сприйнятливості вздовж ландшафтного перетину (катени). Зональний ґрунтовий покрив даної ділянки – чорнозем, який являється одним із основних багатств нашої країни. В той же час відповідні сільськогосподарські угіддя потребують контролю за своєю кондиційністю. Даний приклад ілюструє вплив сольових процесів на кондиційність ґрунту та відбиття даних ознак у магнітних характеристиках. Мінімуми магнітної сприйнятливості відповідають проявам сольових процесів.

Наступний приклад ілюструє зміну магнітної сприйнятливості при перетині основних форм рельєфу в межах прохідної долини. Відповідні матеріали представлені на рис. 2. У межах дослідної ділянки чітко виділяється частина катени гідроморфного походження. Мінімум магнітної сприйнятливості відповідає саме цій частині. Слід зауважити, що гідроморфність власне ніяким чином не проявляється на стані поверхні ґрунту, тобто вона не підлягає позірній ідентифікації. В той же час у межах гідроморфної ділянки значно знижується родючість ґрунтового покриву.

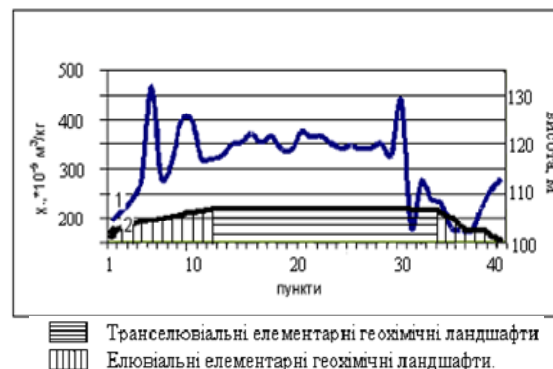


Рис 1. Магнітна сприйнятливість чорнозему глибоко залишково-солонцюватого

(Лохвицький район Полтавської області):

1 – графік значень магнітної сприйнятливості профілю,
2 – схема рельєфу профілю

Ще одним прикладом інформативності ультрадетальних магнітометричних досліджень в контексті вирішення завдань сільськогосподарського контролю за продуктивністю земель стало дослідження магнітної сприйнятливості в межах ґрунтового перетину, що включає ділянки ландшафту, на яких відмічаються ерозійні процеси. Вивчався зв'язок між даними процесами у ґрунтовому покриві та магнітною сприйнятливістю ґрунтів. Результати даного досліді наводяться на рис. 3. Магнітна сприйнятливість знижується на ерозійно-небезпечних ділянках ландшафтів. При чому головним чином мова йде про водну ерозію, яка у даному випадку проявляється у змиванні верхнього шару ґрунту та розмиванні його у глибину під впливом талих і дощових і вод.



Рис 2. Магнітна сприйнятливість ґрунтів прохідної долини з гідроморфною ділянкою

(Лохвицький район Полтавської області):

1 – графік значень магнітної сприйнятливості профілю,
2 – схема рельєфу профілю

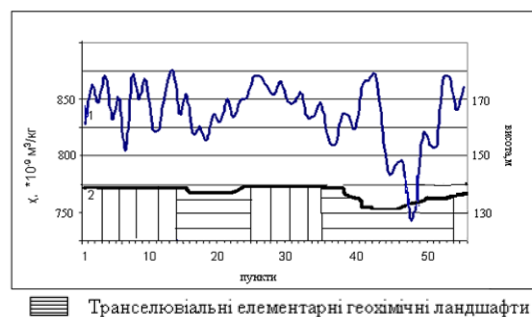


Рис 3. Магнітна сприйнятливість ґрунтів профілю 7 П
(Балаклійський район Харківської області).

Чорноземи звичайні: 1 – графік значень магнітної сприйнятливості профілю, 2 – схема рельєфу профілю

Для розробки єдиної схеми ідентифікації ерозійно несприятливих ландшафтів, в структуру якої нами пропонується ввести методи ультрадетальних магнітних досліджень, використовують ряд нормативних документів. Однією з найбільш широко вживаних у світі моделей площинного змиву є Універсальне рівняння втрат ґрунту (USLE), розроблене американськими дослідниками на основі детальних експериментальних досліджень кількісного впливу чинників ерозії, яке успішно застосовується при великомасштабному картографуванні у США (1:60 000) [13]. Воно призначене для моделювання ефектів площинного змивання та мікро-струмкової ерозії без урахування процесів лінійного розмивання. Це рівняння стало загально визнаним інструментом ерозійного аналізу у США (де є офіційним інструментом у природоохоронному плануванні) та багатьох інших країнах. Наразі і регламентована нормативними документами USLE [5] і поширювана у Європі та США WEPP потребують серйозних доопрацювань для введення у повсякденний вжиток землевпорядних організацій та господарюючих суб'єктів.

Висновки. Таким чином, зйомка майбутнього – це прогнозна геологічна зйомка, де від віртуальних об'єктів, типу формацій, свит, горизонтів, комплексів, переходять до окремих елементів (так звані тектонодомени) – рудоносних, родючих, забруднених, що представлені реально існуючими природними об'єктами. Лише в такому випадку з'являється можливість для підвищення ефективності зйомки, а конкретні геологічні об'єкти не провалюються крізь сітку спостережень. Однією із задач, що вирішуються при ультрадетальних магнітометричних дослідженнях є вирішення проблем аграрного комплексу. Магнітні методи при цьому є економічно доцільними за рахунок своєї експресності та головне дешевизни. При цьому результати, що отримані нами вже на даному етапі демонструють високу ефективність

УДК 550.837

ультрадетальної магнітометрії при контролі родючості аграрно-виробничих ділянок, визначенні ступеня ерозійності та деградації ландшафтів.

1. Алексеев, А.О. Геохимические закономерности формирования состояния соединений железа в почвах сопряженных ландшафтов Центрального Предкавказья [Текст] / А.О. Алексеев, Т.В. Алексеева, Е.Г. Моргунов // Литология и полезные ископаемые. – 1996. – №1. С. 12–22.
2. Алексеев, А.О. Магнитные свойства и минералогия соединений железа в степных почвах [Текст] / А.О. Алексеев, Т.В. Алексеева, Б.А. Махер // Почвоведение. – 2003. – №1. – С. 62–74.
3. Вадюнина, А.Ф. Использование магнитной восприимчивости для изучения почв и их картирования [Текст] / А.Ф. Вадюнина, Ю.А. Смирнов // Почвоведение. – 1978. – №7. – С. 87–96.
4. Водяницкий Ю.Н. Оксиды железа и их роль в плодородии почв [Текст] / Водяницкий Ю.Н. – М.: Наука, 1989. – 129 с.
5. ГОСТ 17.4.03-86 "Охрана природы. Грунты. Методы определения потенциальной опасности эрозии под действием дождя" [Текст].
6. Круглов, О.В. Магнитная сприйнятливость верхнего горизонта ґрунтів Лівобережжя України [Текст] / автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.22 / Круглов Олександр Вікторович; Київський національний ун-т ім. Т. Шевченка. – К., 2008. – 20 с.
7. Лукшин А. А. Магнитная восприимчивость фракций механических элементов почв / А. А. Лукшин, Т. И. Румянцева, В. П. Ковриго // Вопросы почвоведения и применения удобрений в Удмуртской АССР. – 1974. – С.131–138.
8. Медведев, В.В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 1. Введение в проблему [Текст] / В.В. Медведев. – Харьков: 13 типография, 2007. 296 с.
9. Меньшов О. И. До питання про магнітне поле трактора / О. И. Меньшов, А. В. Сухорада, Р. В. Хоменко // Мониторинг безпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: VIII міжнародна наукова конференція: матеріали. – К., 2007. – С. 184–185.
10. Сухорада, А.В. Геофизика педосферы // Матеріали V міжнар. конф. "Мониторинг безпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". – К., 2004. – С.140–141.
11. Сухорада, А.В. Геофизика педосферы – проблемы и методология их решения [Текст] / А.В. Сухорада, М.А. Сухорада // Тез.Доп. IV міжнар. конф. "Мониторинг безпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". – К., 2003. – С. 128–129.
12. Сухорада, А.В. Родючість ґрунтів як предмет агрогеофізичних досліджень [Текст] / А.В. Сухорада, О.В. Круглов // Вісн.Київ. ун-ту. Геологія. – 2004. – Вип. 29–30. – С. 76–79.
13. Wischmeier W.H. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning / W.H. Wischmeier, D. D. Smith // USDA Agriculture Handbook No. 537. –Washington D.C.: US Department of Agriculture, 1978.

Надійшла до редколегії 04.11.11

С. Левашов, канд. физ.-мат. наук
Н. Якимчук, д-р физ.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАН України,
И. Корчагин, д-р физ.-мат. наук

ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И РУДОНОСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ И ЛОКАЛЬНОМ ЭТАПАХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Описываются особенности и возможности мобильной геофизической технологии включающей специальный метод обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли, площадное картирование методом становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП), метод вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ), компьютеризированные измерительные приборы, программное обеспечение регистрации, обработки и интерпретации данных измерений, методику проведения полевых наблюдений. Включение такой технологии в традиционный комплекс поисковых геолого-геофизических методов будет способствовать как минимизации финансовых затрат на решение нефтегазопроисловых задач, так и существенному сокращению времени на их практическую реализацию.

The particularities and possibility of mobile geophysical technology are described. Technology include a special method of the remote sensing data processing and interpreting, aerial mapping method of the forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF), method of vertical electric-resonance sounding (VERS), computerized measuring instruments, software of the measurement data registrations, processing and interpretation, methods of the field observations conducting. Inclusion of such technologies in traditional complex of exploration geological-geophysical methods will promote both minimization of the financial expenses on the oil-and-gas exploration problems solving, and essential reduction of time for their practical realization.

Введение. Невысокая подтверждаемость вводимых в бурение объектов, а также низкая эффективность продуктивных скважин при разбуривании перспективных ловушек углеводородов (УВ), связывается многими исследователями с широким распространением малоразмерных залежей, сложным структурно-тектоническим строением исследуемых объектов, нетрадиционными коллекторами в кристаллических породах. Это обстоятельство ставит на повестку дня вопрос о целесообразности

дополнительной оценки выдаваемых на бурение рекомендаций. Специалистами также акцентируется внимание на необходимость разработки новых геофизических технологий, обеспечивающих повышение детальности и достоверности обнаружения малоразмерных и слабоконтрастных залежей УВ на различных (в том числе и глубинных) структурных этапах.

Применение мобильных технологий в процессе геологоразведочных работ на нефть и газ, рудных полез-

ных ископаемых и водоносных пластов позволяет "революционным образом" ускорить сам процесс поисков, а также повысить его эффективность. Особенности одной из таких технологий анализируются ниже [1–9].

Компоненты технологии и аппаратура. Мобильная и оперативная геофизическая технология включает:

- специальный метод обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли [7–8];
- площадное картирование методом становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) [2–5];
- метод вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [1];
- компьютеризированные измерительные приборы для полевых наблюдений;
- программное обеспечение для регистрации данных измерений, их обработки и интерпретации;
- методику проведения полевых наблюдений.

Оригинальные неклассические геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ базируются на изучении геоэлектрических параметров среды в импульсных неуставившихся геоэлектрических полях, а также квазистационарного электрического поля Земли и его спектральных характеристик над залежами углеводородов, месторождениями рудных полезных ископаемых, водоносными коллекторами [9]. Возможность проведения площадной съемки методом СКИП с автомобиля или летательного аппарата позволяет оперативно обследовать крупные (в том числе и труднодоступные) площади в сжатые сроки и с минимальными материальными затратами.

Решаемые задачи. Мобильная технология в целом, а также отдельные ее методы позволяют оперативно:

- провести предварительную оценку перспектив нефтегазоносности (рудноносности, водоносности) исследуемых участков, площадей и территорий с помощью специального метода обработки и интерпретации (дешифрирования) данных дистанционного зондирования Земли (спутниковых данных) [7–8];
- обнаружить и закартировать аномалии типа "залежь" (АТЗ), которые могут быть обусловлены скоплениями углеводородов в разрезе, рудных полезных ископаемых, водоносных коллекторов [2, 4–6];
- определить глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа "нефть", "газ", "вода", "рудное тело", и т.д. [1–6];
- проводить в сжатые сроки рекогносцировочное обследование крупных по площади и труднодоступных нефтегазоносных территорий и рудоносных районов [5, 7–8];
- выполнять детальные полевые работы в пределах отдельных аномальных зон и перспективных объектов с целью выбора мест для заложения скважин, предварительной оценки запасов УВ, принятия решений о дальнейших направлениях геолого-геофизических работ и бурения;
- находить и картировать в пределах шахтных полей зоны с повышенным содержанием свободного газа (метана) в угольных пластах и вмещающих их породах [3];
- картировать соляные купола и соленосные отложения [4, 9];
- обнаруживать и прослеживать надсолевые и подсолевые (подкарнизные) залежи УВ [4, 9];
- картировать зоны разломов и скоплений УВ в нарушенных частях кристаллического фундамента [6];
- проводить поиски нефти и газа с борта судна в морских и океанических акваториях;
- выявлять и прослеживать по площади подземные водные потоки естественного и техногенного происхождения, картировать водонасыщенные коллекторы [1, 9];
- обнаруживать и картировать геоэлектрические аномальные зоны типа "зона уранового оруденения", а

также определить в пределах закартированных аномальных зон глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов типа "урановая залежь" зондированием ВЭРЗ [6].

Апробация и эффективность методов СКИП и ВЭРЗ. Мобильная технология СКИП-ВЭРЗ прошла апробацию на более чем 65 известных месторождений нефти и газа. Аномалии типа "залежь" (АТЗ) зафиксированы съемкой СКИП в пределах всех обследованных (!) нефтяных и газовых месторождений. Аномально поляризованные пласты (АПП) типа "нефть" и "газ" выявлены зондированием ВЭРЗ в разрезе всех закартированных аномалий. Аномалии типа "залежь" были также обнаружены методом СКИП в пределах более 70 перспективных структур и отдельных участков.

Достигнутая оперативность решения конкретных практических задач позволяет формулировать предварительные выводы и рекомендации по результатам выполненных работ прямо в поле, сразу же после окончания стадии измерений на изучаемых территориях. Результаты практического применения технологии на различных площадях, объектах и участках описаны в многочисленных публикациях [1–9].

Апробация метода обработки и дешифрирования спутниковых данных. Полученные на настоящий момент результаты экспериментальной апробации специального метода обработки и дешифрирования (интерпретации) спутниковых данных свидетельствуют, что эта технология позволяет оперативно обнаруживать и картировать в первом приближении аномальные зоны типа "залежь нефти" и (или) "залежь газа", которые в большинстве случаев обусловлены крупными и средними месторождениями УВ. Об этом свидетельствуют материалы обработки спутниковых данных районов расположения крупных и средних месторождений УВ в различных нефте- и газоносных регионах мира. Это: Шебелинское и Кобзевское ГКМ (Днепропетровская область, Украина), Субботинское НГМ (Прикарпатский шельф, Украина), нефтяные месторождения Тенгиз, Терен-Узюк, Кошкимбет, Каратон (Прикаспийский регион, Республика Казахстан), Тажигали (Каспийский шельф, Республика Казахстан), супергигантское Ромашкинское нефтяное месторождение (Татарстан, Россия), крупное Ванкорское нефтегазовое месторождение (Красноярский край, Россия), супергигантские газовые месторождения Довлетабад-Донмез и Южный Иолотань (Туркменистан), нефтяное месторождение Зуумбанан (пустыня Гоби, Монголия), и т.д. [7].

Практический опыт проведения такого рода экспериментальных работ в различных регионах показывает также, что при обработке и интерпретации спутниковых данных более крупного масштаба (1:10000 и крупнее) и разрешения могут также быть обнаружены и закартированы аномальные объекты небольших размеров (100–300 м).

Результаты проведенной экспериментальной апробации свидетельствуют, что в перспективе технология обработки и интерпретации спутниковых данных зондирования Земли может найти применение на различных этапах нефтепоисковых работ. Это:

а) рекогносцировочное обследование крупных, удаленных и труднодоступных регионов (территорий) с целью оперативного выбора перспективных участков и блоков для проведения поисковых работ более крупного масштаба;

б) оценка перспектив нефтегазоносности выявленных геофизическими методами (сейсморазведкой) структур антиклинального типа, а также перспективных объектов и ловушек неструктурного типа: стратиграфических, литологических, тектонически экранированных;

в) опосредованное на нефть и газ отдельных участков и площадей, непосредственно прилегающих к разрабатываемым и изучаемым месторождениям УВ;

г) обнаружение и картирование участков и зон повышенного скопления свободного газа (метана), а также микро-месторождений и месторождений газа в пределах (на площадях) развития угленосных формаций (угольных бассейнов) и в пределах отдельных шахтных полей угольных шахт;

д) поиски и картирование участков скопления углеводородов в разломных зонах кристаллических щитов, кристаллическом фундаменте, в пределах отдельных кристаллических массивов;

е) опосредованное участков мелководного шельфа, переходных зон между сушей и морем и глубоководных областей океанов и морей;

ж) изучение перспектив нефтегазоносности арктического и антарктического регионов мира;

з) оперативная оценка перспектив нефтегазоносности лицензионных участков и блоков (на суше и в море).

На настоящий момент, экспериментальная апробация технологии обработки и интерпретации спутниковых данных выполнена на более чем 50 объектах, участках и площадях различного масштаба – от 1:10000 до 1:1000000. В пределах обработанных площадей расположено много известных месторождений как нефти и газа, так и рудных полезных ископаемых. Практически над всеми известными месторождениями выделены и закартированы аномальные зоны типа "залежь...". Много таких аномалий обнаружено также и за пределами известных месторождений. Однако это не означает, что каждая аномалия – это месторождение полезных ископаемых. С другой стороны, эти результаты позволяют вполне обоснованно утверждать, что вероятность обнаружения промышленных скоплений углеводородов или же рудных минералов за пределами АТЗ невысокая. Следовательно, площади АТЗ являются первоочередными объектами поисков скоплений полезных ископаемых, что, в принципе, позволяет существенным образом сузить территорию детальных поисково-разведочных работ в каждом конкретном случае. В целом, можно вполне обоснованно надеяться, что результаты обработки и интерпретации спутниковых материалов могут являться важными признаками нефтегазоносности (рудноносности, водонасыщенности).

Отличительные особенности мобильных методов. Многолетний положительный опыт применения мобильных методов для решения широкого класса поисковых геофизических, инженерно-геологических, гидрогеологических задач позволяет сделать определенные обобщающие выводы об этих методах, а также более рельефно (обоснованно) охарактеризовать их отличительные черты от классических геоэлектрических (а также других геофизических) методов.

1. Результатами применения классических геофизических методов являются схемы, модели, разрезы распределения различных физических свойств горных пород – скорости, плотности, магнитной восприимчивости (интенсивности намагничивания), сопротивления (проводимости), и т.д. Такие модели (распределения) обычно строятся по результатам решения обратных задач геофизики или же компьютерного моделирования в режиме решения прямых задач (ручного подбора). В результате последующей геологической интерпретации полученных распределений физических свойств разрезов изучаемых объектов и площадей наполняется соответствующими структурными элементами и горными породами, с которыми могут быть связаны определенные типы рудных и горючих полезных иско-

паемых, водоносные коллектора, подземные водные потоки, и т.д.

2. В неклассических геоэлектрических методах СКИП и ВЭРЗ акцент делается не на измерение соответствующих компонент геоэлектрических (электромагнитных) полей и определение по измеренным значениям физических свойств разреза (сопротивления, проводимости), а на выделение и картирование аномалий типа "залежь" (АТЗ) и аномально поляризованных пластов (АПП) строго определенного типа. Так, площадной съемкой методом СКИП выделяются и картируются АТЗ типа "залежь УВ", "залежь нефти", "залежь газа", "золоторудная залежь", "водоносный горизонт", и т.д. Зондированием методом ВЭРЗ в разрезе изучаемых площадей выделяются АПП типа "нефтеносный пласт", "газоносный пласт", "водоносный пласт", "солоносный пласт", "кристаллический фундамент", "пласт с золоторудной минерализацией", "пласт с платинорудной минерализацией", "пласт с урановой минерализацией", и т.д. Глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов определяются при этом с достаточно высокой точностью.

3. В процессе выполнения съемки методом СКИП в каждой точке регистрации отклика среды оператор мгновенно получает информацию, находится ли он в пределах АТЗ, или нет. Это позволяет оперативно оптимизировать проведение измерений, с одной стороны, а также эффективно и в полном объеме оконтуривать аномалии типа "залежь", с другой. Более того, выделение АТЗ непосредственно в поле, в процессе проведения съемки СКИП предоставляет возможность для оптимального размещения пунктов зондирования методом ВЭРЗ в дальнейшем, на следующем этапе полевых работ. Еще одним важным достоинством технологии СКИП-ВЭРЗ является то обстоятельство, что зондированием ВЭРЗ глубины залегания и мощности АПП конкретного типа также определяются в процессе измерений, непосредственно в поле. В принципе, это позволяет оперативно и эффективно, с минимальными затратами времени проследить по площади глубины залегания в разрезе и мощности, представляющих практический поисковый интерес горизонтов и пластов, установленных бурением, зондированием ВЭРЗ в базовых точках или же другими геофизическими методами.

4. На данном этапе применения геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ в последовательности этапов полевые наблюдения, обработка данных измерений, интерпретация полученных материалов не применяются традиционно используемые алгоритмы, методы и компьютерные технологии решения прямых и обратных задач геоэлектрики (геофизики). Основной вклад в эффективность и оперативность этих методов **вносят технические средства** – оригинальные аппаратные разработки (комплекс антенн, генераторов, регистраторов), а также программное обеспечение регистрации и обработки данных измерений непосредственно в поле. В принципе, в перспективе возможности этих методов при решении практических геолого-геофизических задач могут быть расширены за счет включения в графы проведения исследований этими методами интерпретационных этапов решения прямых и обратных задач геоэлектрики.

5. Все отмеченные выше отличия геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ от классических электрических и электромагнитных методов, а также многолетний опыт их успешного практического применения для решения широкого круга геолого-геофизических, инженерно-геологических и гидрогеологических задач позволяет авторам вполне обоснованно утверждать об их существенном вкладе **в становление новой парадигмы гео-**

физических исследований, в рамках которой эти методы и позволяют оперативно и эффективно решать разнообразные практические задачи поискового, изыскательского и экологического характера. Характеристическая особенность геофизических исследований в рамках этой парадигмы – это **"прямые" поиски конкретного физического вещества:** газа, нефти, газогидратов, воды, рудных минералов и пород (золото, платина, серебро, цинк, уран, алмазы, кимберлиты, и т.д.). Начальным этапом в становлении этой парадигмы можно считать первые исследования и разработки по "прямым" методам поисков нефти и газа. Следует также напомнить, что в это же время в геолого-геофизическую терминологию было введено известное и широко используемое в настоящее время (в том числе и авторами) выражение – аномалия типа "залежь" (АТЗ).

6. Отметим также, что определенный вклад в становление "вещественной парадигмы" геофизических исследований вносит также и оригинальный метод обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), практическая апробация которого проводилась авторами на протяжении 2010 г. [7–8]. Этот метод также ориентирован на обнаружение и картирование по спутниковым данным аномалий типа "залежь нефти", "залежь газа", "водоносный горизонт", "зона золоторудной минерализации", и т.д. Совместное использование метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ и технологии СКИП-ВЭРЗ на различных этапах геолого-геофизических исследований позволяет существенным образом оптимизировать и ускорить поисковые и изыскательские этапы геофизических работ.

Пример применения технологии. В статье [10], а также в ресурсах Интернета [11–14] приводятся сведения о некоторых результатах геофизических исследований и бурения (положительных и отрицательных) в пределах лицензионных блоков Urumaco I, Urumaco II, Cardon III, Cardon IV на шельфе Венесуэлы. Положение этих блоков относительно береговой линии показано на рис. 1. Данные ДЗЗ в пределах этих лицензионных блоков были обработаны и проинтерпретированы. Полученные результаты представлены на рис. 1. Они, в принципе, согласуются с результатами бурения и позволяют констатировать следующее:

1. Выявленное тремя скважинами крупное газоконденсатное месторождение в пределах блока Cardon IV [11] картируется крупной аномалией типа "залежь газа". В южной части этой аномальной зоны выявлена также аномалия типа "залежь нефти" меньшего размера. В восточной части блока обнаружено и закартировано еще две аномальные зоны типа "залежь газа" небольших размеров. Тем не менее, наличие в их пределах зон с относительно повышенными значениями пластовых давлений позволяет сделать вывод о целесообразности проведения в их пределах поисковых работ и бурения.

2. В пределах лицензионного блока Urumaco I обнаружено две небольшие по площади аномалии типа "залежь газа". Аномалия в левом нижнем углу блока не представляет практического интереса, так как характеризуется относительно невысокими значениями аномального отклика. В центре верхней части блока зафиксирована аномалия с зоной повышенных значений аномального отклика. Однако имеется большая вероятность того, что пробуренная оператором этого блока скважина не попала в эту аномальную зону с повышенными значениями аномального отклика. И как следствие – оказалась непродуктивной [12–13].

В пределах блока Urumaco II обнаружено три относительно небольшие по площади аномальные зоны типа "залежь газа". Наибольший интерес представляет западная, самая крупная по площади аномалия.

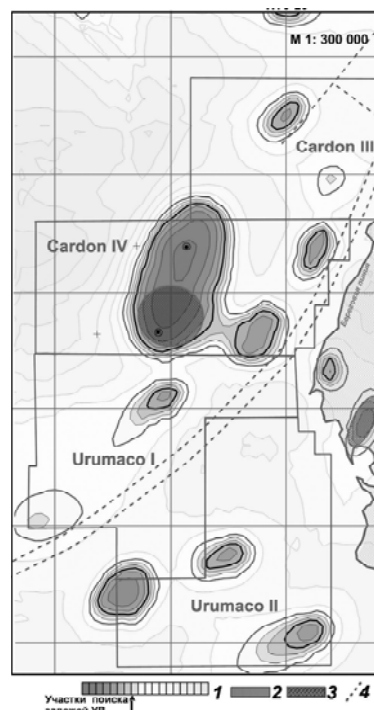


Рис. 1. Карта аномальных зон типа "залежь УВ" Венесуэльском заливе (по "спутниковым" данным). 1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – аномалия типа "газ"; 3 – аномалия зоны типа "газ+нефть"; 4 – тектонические нарушения

Необходимо также добавить, что в пределах блоков Urumaco I и Urumaco II выполнены сейсмические работы 3Д общей площадью 500 и 400 км², соответственно [14].

3. Полученные результаты ставят под сомнение целесообразность проведения дальнейших поисковых работ в пределах лицензионного блока Urumaco I. Детальный анализ этих материалов и их сопоставление с имеющимися геолого-геофизическими данными может также помочь в принятии решения о проведении дальнейших поисковых работ в пределах блока Urumaco II.

4. Целесообразно также отметить, что скважина пробурена также и в пределах блока Cardon III. Она оказалась сухой [11]. В пределах блока также закартированы две небольших аномалии, одна из которых не имеет зоны относительно повышенного пластового давления. Скорее всего, в зону с повышенным значением пластового давления эта скважина не попала (на рисунке в [10] она обозначена практически у верхней границы блока).

5. На рис. 1, в правой ее части и в нижней части полуострова имеется еще одна сухая скважина. Аномалия типа "залежь УВ" в этой части обследованной площади не выявлена. Тем не менее, выше, в центральной части полуострова обнаружено и закартировано две небольших аномалии с зонами повышенных значений пластового давления.

Выводы. В электронной публикации [15] компанией Energy Exploration Technologies Inc. (NXT) предлагается "революционная" технология, которая изменяет процесс поисков нефти и газа. В статье, вначале делается обзор традиционного процесса исследований, который характеризуется значительным риском и существенными преимуществами для крупных E&P компаний. Затем, объясняется как технология Stress Field Detection ("SFD") "оживляет" процесс исследований, существенным образом уменьшая риски и финансовые издержки, что приводит к "уравнению игрового поля" между крупными и мелкими компаниями. И, наконец, в публикации пред-

ставляється модель фінансово-промислової групи під умовним названням 'Embassy Domestic' для інвестування нафтопошукових проєктів.

Такого ж роду модель інвестування пошуку вуглеводородів може бути реалізована і на базі описаної вище мобільної технології. Отметим також, що в багатьох публікаціях більшість несейсмічних методів пошуку і розвідки скоплень вуглеводородів характеризуються такими прилагательними, як "легкі", "мобільні", "малозатратні", "економічні". Багаторічний досвід практичного застосування геоелектричних методів СКІП і ВЭРЗ для пошуку скоплень УВ дає авторам право класифікувати експрес-технологію СКІП-ВЭРЗ як "сверхлегкую", "супермобільну", "сверхмалозатратную", "суперекономічну".

Багато спеціалісти і експерти придержуються думки, що в теперішній час практично будь-яка технічна задача може бути вирішена. Для цього необхідно тільки достатнє кількість часу і фінансових ресурсів. Це також справедливо, швидше за все, і в відношенні вирішення такої важливої практичної задачі, як забезпечення України своїми власними енергетичними ресурсами. Результати виконаних досліджень в 2001–2010 гг. на ряді площ в Україні свідчать, що сприяти цьому може активне застосування оперативних і мобільних технологій "прямых" пошуку і розвідки скоплень УВ (в тому числі і експрес-технологій СКІП-ВЭРЗ). Автори впевнені, що включення такого роду технологій в традиційний комплекс пошукових геолого-геофізических методів буде сприяти мінімізації фінансових витрат на вирішення упо-

мянутої вище задачі, так і суттєвому скороченню часу на її практичну реалізацію.

1. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии // Геологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
2. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Экспресс-технология "прямых" поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
3. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Дегтярь Р.В., Божежа Д.Н. Обнаружение геоэлектрическими методами зон повышенного газоносности на угольных шахтах // Геофизика. – 2006. – № 2. – С. 58–63.
4. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Зазекало И.Г., Сорока А.И. Поиск и разведка скоплений нефти и газа геоэлектрическими методами // Газовая промышленность. – 2007. – № 4. – С. 22–28.
5. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Червоний Н.П. Экспресс-технология прямых поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 28–33.
6. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Разин Д.В., Юзленко А.Т. О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах // Геоинформатика. – 2010. – № 1. – С. 22–32.
7. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
8. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Божежа Д.Н. Оперативное решение задач оценки перспектив рудоносности лицензионных участков и территорий в районах действующих промыслов и рудных месторождений // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 23–30.
9. Шуман В.Н., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
10. Alan Holden. Aruba: A re-evaluation of petroleum prospectivity following the recent discoveries in the Gulf of Venezuela // First Break. – V. 28, № 11. – 2010. – P. 71–77.
11. <http://energyland.info/news-show-tek-neftegaz-59872>.
12. <http://www.indpg.ru/nik/2010/11/36653.html>.
13. <http://www.rian.ru/economy/20101015/285947600.html>.
14. http://www.zargaz.ru/geo_ve_en.html.
15. http://www.nextenergy.com/nxt/images/gallery/EMBASSY%20DOMESTIC%20final_April8-08.pdf.

Надійшла до редколегії 07.02.12

УДК 550.832.5

М. Бондаренко, канд. геол. наук, В. Кулик, канд. фіз.-мат. наук,
А. Кетов, мол. наук. співроб.,
С. Дейнеко, канд. геол. наук, С. Іващенко, асп.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОГЕННИХ І ПРИРОДНИХ ҐРУНТІВ КОМПЛЕКСОМ РАДІОІЗОТОПНОГО КАРОТАЖУ (НА ПРИКЛАДІ ЗОЛОВІДВАЛІВ ТРИПІЛЬСЬКОЇ ТЕС)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мін. наук, проф. В.М. Курганським)

Визначено розширену сукупність інженерно-геологічних і петрофізичних параметрів ґрунтів на території золовідвалу Трипільської теплової електричної станції (ТЕС) на основі об'єктно-адаптивної методики комплексування методів радіоізотопного каротажу (РК). Показана висока інформативність комплексу методів РК при дослідженні техногенних ґрунтів – золовідвалів ТЕС.

The expanded set of engineering geology and petrophysical parameters of soils in territory of ash dump of Trypillian heat power station on the basis of an object-adaptive procedure of radioisotope loggings methods (RL) complexation is determined. It is shown high informativity of complex of RL-methods at technogenic soils investigations – ash dumps of heat power station.

Постановка задачі. В Україні значна частка електроенергії виробляється на теплових електричних станціях (ТЕС). На сучасних ТЕС вугілля спалюють у подрібненому (пилоподібному) стані при температурі 1200–1700 °С. Такий спосіб спалювання дає 80–90 % відходів у вигляді золи, що виноситься з димовими газами [1]. Зола уловлюється і накопичується в спеціальних бункерах, звідки її за допомогою системи гідровидалення транспортують у золовідвали.

Золовідвали ТЕС становлять серйозну екологічну проблему, оскільки вимагають відведення значних територій, які стають непридатними для господарської чи іншої діяльності, є накопичувачами важких металів, радіоактивних елементів. Негативний екологічний вплив золовідвалів на довкілля виникає із-за розпорошення золи вітром, фільтрації води крізь стінки і дно золовідвалів, а також в результаті передбачених технологією скидів освітлених вод [5]. З часом, можливо, ці відвали необхідно буде прибрати, утилізавши цінні

елементи, мінерали та інші корисні компоненти [1, 5]. У зв'язку з цим існує необхідність вивчення складу і властивостей зольних мас.

На даному етапі через обмеженість площ, відведених для золовідвалів, виникла необхідність нарощування їх вертикальної потужності. Це вимагає оцінки інженерно-геологічних параметрів золовідвалів та природного ґрунту, який служить їх основою. Для розв'язання цих задач може бути використаний комплекс методів радіоізотопного каротажу (РК): нейтрон-нейтронний каротаж (ННК), густинний гамма-гамма-каротаж (ГГК), інтегральний гамма-каротаж природної радіоактивності (ГК).

Нами виконано дослідження золовідвалів і природних ґрунтів комплексом РК на основі приладів ВПГР і ППГР на території Трипільської ТЕС (ТТЕС).

Зола ТЕС. Золи різних ТЕС містять: SiO₂ (37–63 %), Al₂O₃ (9–37 %), Fe₂O₃ + FeO (4–17 %), CaO (1–32 %), MgO (0,1–5 %), SO₃ (0,05–2,5 %), Na₂O+K₂O (0,5–5 %). Втрати при прожарюванні (в.п.п.), що характеризують

вміст в золі частинок вуглецю С, становлять 1–30 %. Для золи є характерним вміст значної кількості частинок з дрібними закритими порами, що утворилися внаслідок спучування розплавленої мінеральної маси газами, які виділяються при дегідратації глинистих мінералів, дисоціації вапняку, гіпсу і органічних речовин. Пористість таких частинок може досягати 60 %. Густина

насипної золи лежить в інтервалі $0,6 \div 1,0 \text{ г/см}^3$, густина твердих частинок золи – $1,8 \div 2,4 \text{ г/см}^3$ [1].

Хімічний та мінеральний склад золи гідровидалення Трипільської ТЕС був визначений [4] за допомогою хімічного та рентгенофазового методів. Результати, доповнені нами даними по густині компонентів, представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Склад [4] і густина компонентів золи Трипільської ТЕС

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	в.п.п.	Σ
Вміст, % мас.	48,2	0,89	19,65	4,50	3,15	1,36	2,18	1,04	2,78	0,11	16,02	99,88
Густина, г/см ³	2,65	4,24	3,40	5,2	5,7	3,58	3,37	2,27	2,32	1,92	1,2–1,4	2,80–2,83

За результатами наших лабораторних визначень, виконаних згідно [2], густина твердих частинок золи ТТЕС дорівнює $2,37 \text{ г/см}^3$. Звідси закрита пористість в частинках золи, що утворилась при спалюванні пилоподібної суміші в топках, становить ~15–20 %.

Методика інтерпретації даних РК та критерії достовірності. Широко вживана у виробничій практиці методика в ряді випадків призводить до значних систематичних похибок і обмежень при визначенні інженерно-геологічних та петрофізичних параметрів ґрунтів. В зв'язку з цим нами розроблена вдосконалена методика визначення параметрів ґрунтів за даними комплексу РК [3], яка передбачає врахування особливостей досліджуваного об'єкта та пристосування інтерпретаційно-методичного і метрологічного забезпечення до цих особливостей (наприклад, використання різних градувальних залежностей ННК в зоні аерації і в зоні повного водонасичення (ЗПВ), врахування зв'язаної води в глинах при визначенні вологості і т.п.). Таку методику можна назвати об'єктно-адаптаційною методикою (ОАМ).

Критерієм достовірності і точності параметрів ґрунтів, визначених за допомогою геофізичних свердловинних методів, є результати незалежних (в першу чергу, лабораторних) вимірювань. Проте відібрати проби і отримати в лабораторних умовах достатньо точні значення параметрів, які б відповідали їх величині в умовах природного залягання, не завжди можливо. Тому, поряд з незалежними вимірюваннями, необхідно мати додаткові критерії.

Таким критерієм може бути взаємна узгодженість сукупності параметрів, отриманих за допомогою комплексу методів РК. Ми запропонували наступні критерії узгодженості параметрів ґрунтів:

1) в зоні повного водонасичення вологості, визначена за допомогою комплексу ННК+ГК, повинна з достатньою точністю співпадати з вологістю за ГГК; 2) в зоні аерації "істинна" вологість за РК і позірна за ГГК розходяться тим сильніше, чим менша водонасиченість ґрунту; ці дві величини не співпадають також і у зоні нижче рівня ґрунтових вод, якщо тверді частинки мають закрити пористість у вигляді пустот без флюїду (як в частинках золи); 3) коефіцієнт водонасиченості за РК в зоні аерації завжди менший 1, а в зоні повного водонасичення – (приблизно) рівний 1; інтервали, в яких коефіцієнт водонасиченості виходить істотно більшим 1, потребують додаткових досліджень; 4) густина твердої фази за РК (для зони повного водонасичення) повинна узгоджуватись з апріорними даними.

Якісне і кількісне визначення параметрів техногенних і природних ґрунтів комплексом РК

1) Використання ГК:

– характеризує літологічні властивості свердловинного розрізу в природних ґрунтах, зокрема, глинистість породи;

– визначення коефіцієнта глинистості (згідно з методикою, приведеною в [3]);

– розрізнення техногенного і природного інтервалів розрізу;

– визначення параметрів ґрунтів у комплексі з ННК і ГГК.

2) Використання ГГК:

– визначення густини породи як в зоні аерації, так і в зоні водонасичення;

– визначення густини сухої породи (разом з ННК і ГК) як в зоні аерації, так і в зоні водонасичення;

– визначення густини твердої фази (разом з ННК і ГК) в зоні водонасичення;

– визначення вологості і пористості в зоні водонасичення;

– визначення пористості як в зоні аерації, так і в зоні водонасичення (разом з ННК і ГК);

– якісне визначення зони аерації за розходженням діаграми фіктивної вологості (в зоні неповного насичення) за ГГК і діаграми вологості за ННК+ГК;

– якісне і кількісне визначення закритої пустої пористості твердих частинок золи нижче рівня ґрунтових вод (разом з НК і ГК);

– якісне визначення зони повного водонасичення по збіжності вологості за ГГК і вологості за ННК+ГК.

3) Використання ННК:

– визначення вологості в зоні аерації (разом з ГК і ГГК);

– визначення вологості і пористості в зоні повного водонасичення (разом з ГК);

– визначення вологості в проміжній зоні (разом з ГК і ГГК);

– визначення коефіцієнта водонасиченості (разом з ГК і ГГК);

– якісне визначення зони аерації за розходженням діаграми вологості за ННК+ГК і діаграми фіктивної вологості (в зоні неповного насичення) за ГГК;

– якісне і кількісне визначення закритої пустої пористості твердих частинок золи нижче рівня ґрунтових вод (разом з ГГК і ГК).

– якісне визначення ЗПВ по збіжності вологості за ННК+ГК і вологості за ГГК.

Параметри ґрунтів у зоні золовідвалів ТТЕС.

Результати інтерпретації комплексу РК за ОАМ на прикладі трьох свердловин представлені на рис. 1 – 3.

У св. 1 (рис. 1) за даними ГК (крива 1) виділяється техногенний (до ~ 9 м) і природний (глибше 9 м) інтервали розрізу; радіоактивність зольних мас до ~ 10 разів вища радіоактивності природних ґрунтів. Останні представлені торфом (~ 10–12,5 м), який характеризується низькою густиною (до ~ $1,2 \text{ г/см}^3$) та високими пористістю і вологістю (до ~ 90 %), і неглинистим кварцовим піском (~12,5–15 м). На глибині ~9,5 м проходить межа зони неповного водонасичення (позірна вологість за ГГК і вологість за РК розходяться) і зони повного водонасичення (зазначені вологості близькі). Зона неповного водонасичення у свою чергу розділяється на зону аерації (до ~ 4 м), де вологості за ГГК і за РК максимально розходяться, і зону недонасичення (~ 4–9,5 м), пов'язану з наявністю закритих пустих пор в твердих частинках золи. Величина цієї пористості складає за каротажними даними ~ 10–20 %, що відповідає лабораторним визначен-

ням. За каротажними даними густина твердої фази піску становить $\sim 2,65 \text{ г/см}^3$, торфу $\sim 1,5\text{--}2 \text{ г/см}^3$, коефіцієнт водонасиченості в ЗПВ складає $\sim 100 \%$.

У св. 2 (рис. 2) техногенний ґрунт залягає до глибини $\sim 7 \text{ м}$. Природний ґрунт (глибше 7 м) представлений заторфованим ґрунтом ($\sim 7\text{--}8 \text{ м}$ і $\sim 9,5\text{--}10,5 \text{ м}$) і неглинистим кварцовим піском. Межа зони неповного і повного водонасичення проходить на глибині $\sim 8 \text{ м}$. Зона неповного водонасичення у свою чергу розділяється на зону аерації (до $\sim 4,5 \text{ м}$), де вологості за ГГК і за РК максимально розходяться, і зону недонасичення ($\sim 4\text{--}$

8 м), пов'язану з закритою пористістю частинок золи ($\sim 10\text{--}20 \%$). За каротажними даними густина твердої фази піску складає $\sim 2,7 \text{ г/см}^3$, заторфованого ґрунту $\sim 2,0 \text{ г/см}^3$, коефіцієнт водонасиченості в ЗПВ біля 100% .

У св. 3 (рис. 3) техногенний ґрунт відсутній, літологічно розріз однорідний і представлений слабглинистим кварцовим піском. На глибині $\sim 3,5 \text{ м}$ проходить межа зони аерації і зони повного водонасичення. Густина твердої фази піску складає $\sim 2,65 \text{ г/см}^3$, коефіцієнт водонасиченості в ЗПВ $\sim 100 \%$.

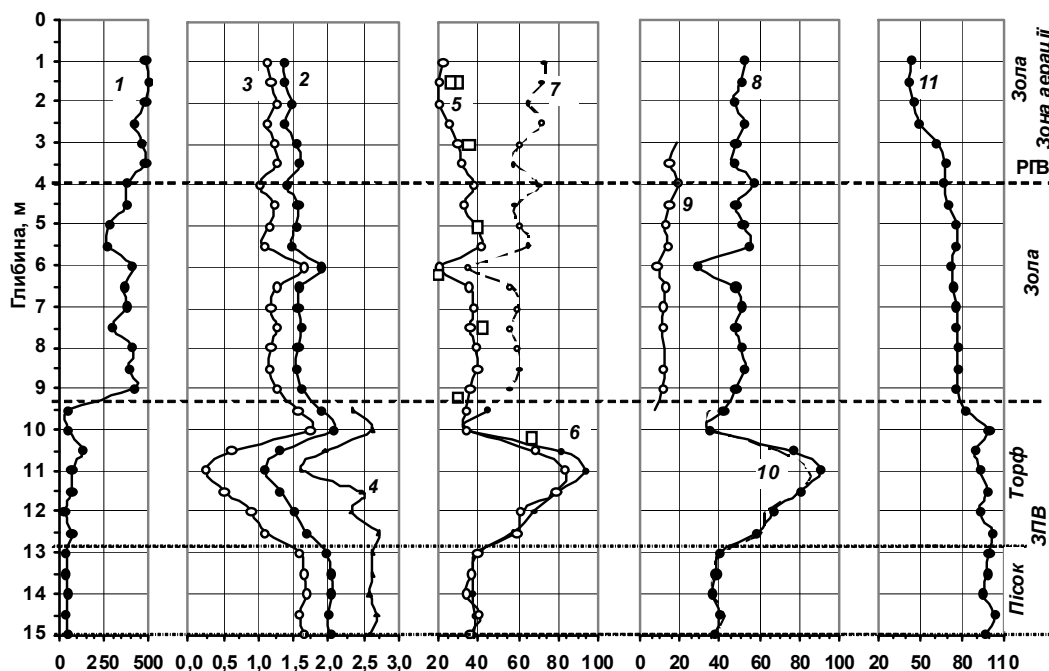


Рис. 1. Результати дослідження розрізу свердловини № 1 золівідвалу Трипільської ТЕС

Шифр кривих: 1 – природна радіоактивність за ГК, 2 – густина ґрунту за ГГК, 3 – густина сухого ґрунту за РК, 4 – густина твердої фази ґрунту за РК, 5 – вологість ґрунту за ННК + ГГК, 6 – вологість ґрунту за ГГК в зоні повного водонасичення (ЗПВ), 7 – позірна вологість ґрунту за ГГК, 8 – пористість ґрунту за РК, 9 – пористість твердих частинок золи за РК, 10 – пористість за ННК+ГГК, 11 – коефіцієнт водонасиченості за РК

РГВ – рівень ґрунтових вод за даними прямих спостережень, □ – лабораторні дані, РК $\equiv$ ННК + ГГК + ГК

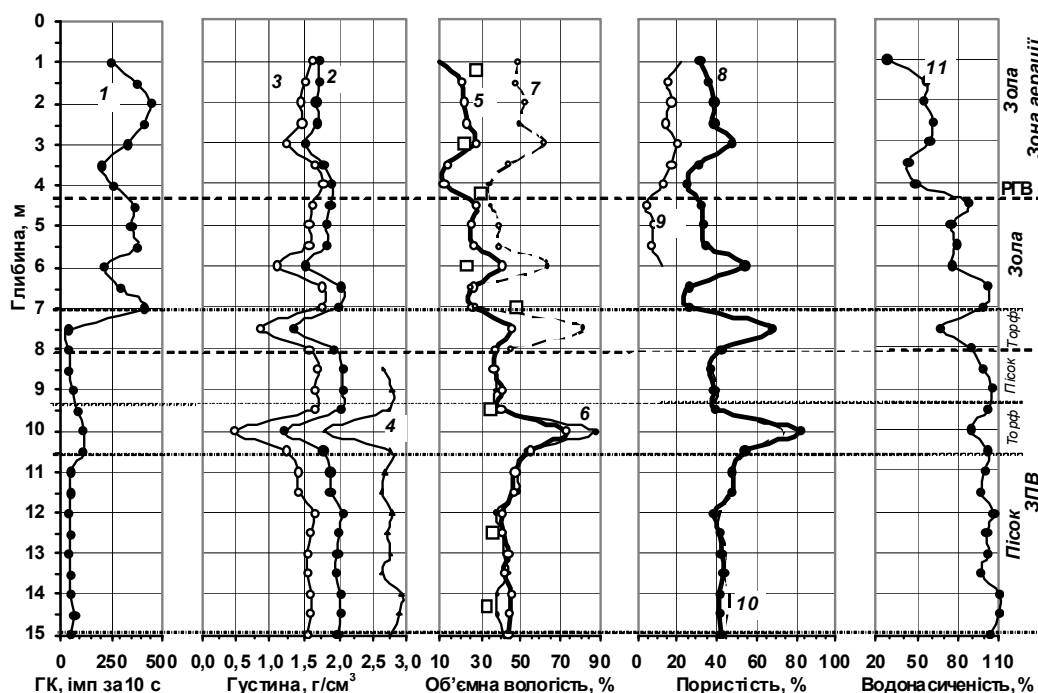


Рис. 2. Результати дослідження розрізу свердловини № 2 золівідвалу Трипільської ТЕС

Позначення див. рис. 1

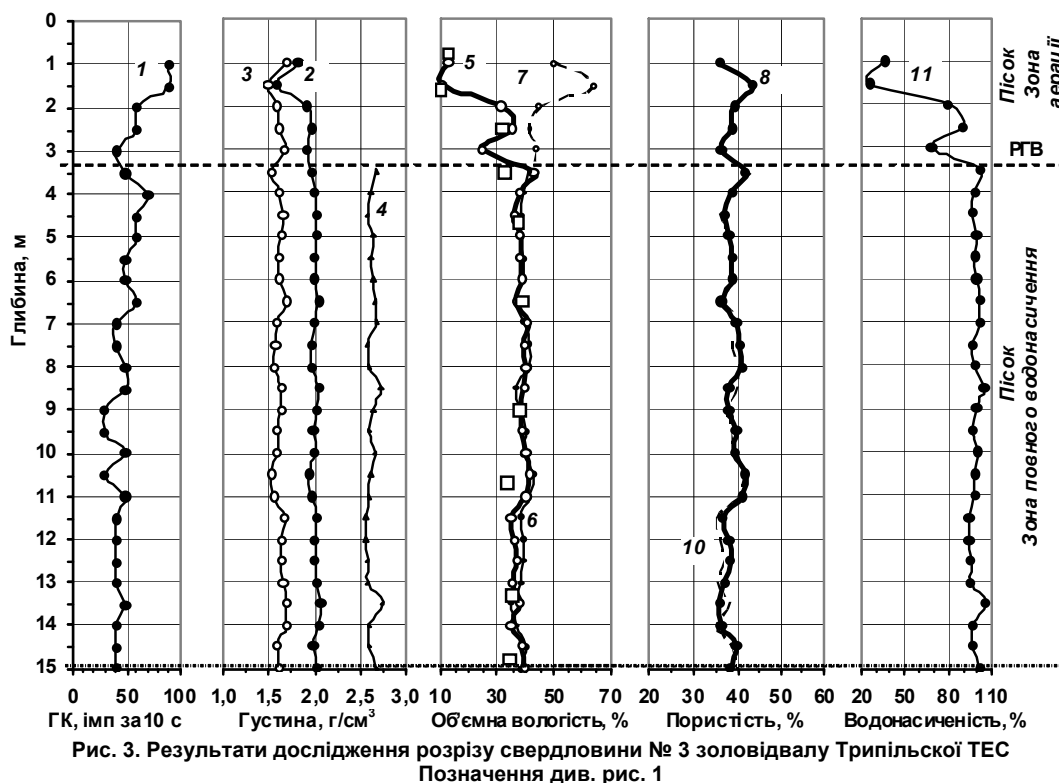


Рис. 3. Результати дослідження розрізу свердловини № 3 золівідвалу Трипільської ТЕС
Позначення див. рис. 1

Висновки. Отримані результати РК дозволяють: 1) виділити за ГК зольні маси, для яких характерна значно підвищена радіоактивність; 2) отримати розширену сукупність параметрів, які характеризують інженерно-геологічні та петрофізичні властивості розрізу; 3) якісно розділити ЗПВ і неповного водонасичення; 3) зону неповного водонасичення в золі розділити на зону аерації і зону недонасичення, пов'язану з наявністю закритих пустих пор в твердих частинках золи; 4) виділити пласти торфу.

Каротажні визначення вологості за РК добре узгоджені з лабораторними її значеннями, оцінка межі зони аерації і повного водонасичення узгоджена з даними прямих спостережень за рівнем ґрунтових вод (див. рис. 1–3).

Для всіх розглянутих свердловин розширена сукупність параметрів, визначена за об'єктно-адаптаційною методикою, відповідає критеріям узгодженості визначених параметрів (а саме, в ЗПВ густина твердої фази піску і торфу близька до відповідних апріорних даних,

коефіцієнт водонасиченості близький до 100 %, вологості за РК і за ГК близькі).

В цілому, виконані роботи показали високу інформативність комплексу методів РК при дослідженні техногенних ґрунтів – золівідвалів ТЕС.

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов-на-Дону, 2007. 2. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. – К., 2010. 3. Звольский С. Т., Кетов А.Ю., Кулик В.В., Бондаренко М.С., Дейнеко С.И., Иващенко С.А., Камилова О.В., Евстафевич З.Н. Скважинные ядерно-геофизические исследования приповерхностных горных пород. 1 // Геофиз. журн. – 2010. – т. 32, № 6. – С. 215 – 230. 4. Пушкарьова К.К., Гоц В.І., Павлюк В.В. та ін. Використання паливних зол України для отримання пуцоланових цементів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія "Теорія і практика будівництва" – 2009. – № 655. – С. 230 – 235. 5. Умбетова Ш.М. Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки // Вестник Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева. – 2009. – № 4 (<http://vestnik.kazntu.kz/?q=ru/node/189>).

Надійшла до редколегії 20.10.11

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.042

Р. Бочевар, асп., Л. Коденко, магістр

ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МАГНЕЗІЙНИХ РУД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ КАПІТАНІВСЬКОГО РОДОВИЩА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Україна на даний час власної видобувної сировинної бази магнієвих сполук (магнезії, магнезиту) практично не має. Одним з перспективних регіонів на магнієву сировину в країні є Побужжя, де розташоване Капітанівське родовище. В роботі виконано геолого-економічну оцінку магнієвих руд Капітанівського родовища та запропоновано технологічну схему їх переробки.

Currently Ukraine practically doesn't have own mining raw materials of magnesium compounds (magnesia, magnesite). One of the most perspective regions of the country's raw magnesium is Pobuzhya, where Kapitanivske deposit is located. In the article the results of the geological and economic evaluation magnesium ore of the deposit had been performed and technological scheme of processing this ore had been proposed.

Вступ. Постановка проблеми

Сполуки магнію використовують в хімічній промисловості, будівельній галузі, в якості вогнетривкого ма-

теріалу, а також в сільському господарстві. Найважливіша область застосування металічного магнію – виготовлення сплавів на його основі. Широко застосовують

магній в металометричних процесах отримання важко-відновлювальних і рідких металів (Ti, Zr, Hf, U і інших), для розкислення і десульфурзації металів і сплавів [8]. Для задоволення вище перерахованих потреб в світі видобувається близько 10 млн т магнієвих сполук щорічно (дані приведені із перерахунком на MgO) – інформація 2009 р. [8] і близько 370–410 тис. т металічного магнію щорічно [8]. Україна на цей час власної видобувної сировинної бази магнієвих сполук (магнезії, магнезиту) практично не має. У 2007 році потреби нашої країни в магнезиті і продуктах його переробки задовольнялись за рахунок імпорту (країни-експортери: Росія, Словаччина, Туреччина), який склав 516,8 тис. т.

Магнієві руди України представлені: магнієвими солями Передкарпатського соленосного басейну, ДДЗ і Донецької складчастої області; ропою Криму; представляють також інтерес тіла магнезійних ультрабазитів Західного Приазов'я та Побужжя. Вивчення ультрабазитових масивів Українського щита носило односторонній характер [8]. Насамперед вивчалась кора вивітрювання масивів на силікатні руди нікелю, проводились пошуки сульфідного нікелю та хромітових руд, магнезійні серпентинітові руди ультрабазитових масивів були поза увагою. Однак, встановлено, що серпентиніти є насамперед якісними магнієвими рудами як для вилучення металічного магнію (MgO – 97,0–98,8 %) придатного для виготовлення високоякісних периклазових вогнетривів, так і оксиду магнію (магнезії) [8]. Оксиди магнію з власної сировини в Україні виробляє ВАТ "Бром" (м. Красноперекопськ, АР Крим) у процесі комплексної переробки ропи затоки Сиваш [7], оксиди магнію і металічний магній [8] виробляє Калуський комбінат і Запорізький титаномагнієвий комбінат [7]. Проблема забезпечення України магнезійною сировиною, з огляду на стан мінерально-сировинної бази магнезиту України, є на сьогодні досить актуальною.

За матеріалами попередників [4, 5] та власними матеріалами визначено, що одним з перспективних об'єктів Побужжя на магнезійну сировину є Капітанівське родовище, яке розташоване в межах Капітанівського ультрабазитового масиву, що знаходиться в Голованівському районі Кіровоградської області (Голованівський тектонічний блок). Відкрите у 1956 р. як родовище силікатного нікелю в корі вивітрювання кристалічних порід [4], розвідано у 1961 р., дорозвідано на глибину у 1963 р. в зв'язку з відкриттям руд хрому [6]. У 1996 р. Г.Д. Лепіговым описані магнезійні руди Капітанівського ультрабазитового масиву [4]. Дослідженням рудних мінералів масиву займалися науковці УкрДГРІ і ІГМР [2]. В результаті родовище оцінене як комплексне [5], в якому присутні три рудно-формаційні типи: руди силікатного нікелю в корі вивітрювання ультрабазитів, хромові руди в аподунітових серпентинітах, магнезійні серпентинітові руди.

Проведено підрахунок перспективних ресурсів магнезійних руд Капітанівського та Заводського масивів. Запропоновано технологічну схему переробки магнезійних руд, яку апробовано дослідниками на прикладі об'єктів із подібним мінеральним складом. Визначено можливість отримання супутніх компонентів (рудний концентрат, чистий кремнезем) при переробці магнезійних руд на оксид магнію.

Матеріали досліджень

Капітанівське родовище приурочене до трьох зближених масивів – Капітанівського, Північно-Капітанівського і Заводського. Загальна довжина родовища – 4,5 км [7]. Авторами задокументовано керн із низки свердловин, які пройдені в межах Капітанівського та Заводського масивів. За результатами документації та із залученням даних по попередньо пробурених свердловинах Капітанівського рудного поля авторами побудовано низку розрізів та оконтурені рудні тіла центральної та північної ділянок

Капітанівського та Заводського масивів. Масиви представляють собою фрагменти ритмічно розшарованих силів, нахилених в зоні розлому під різними кутами. В складі розшарованої серії порід відмічається чітка зональність макроритмів: базальний шар – хромітити з рідкими лінзами і тонкими прошарками аподунітів, серединний шар – аподунітові серпентиніти з лінзами хромітитів і рідкими прошарками піроксенітів, верхній шар – апоперидотитові серпентиніти. Порооди бокової серії представлені тонкоперешарованими амфіболітами, польовошпатовими відмінами габро, піроксенітами, апоперидотитами (серпентинізованими ультрамафітами). Потужність ритмів може досягати 60–70 м. Зазвичай в масивах зберігаються і простежуються один, рідше два ритми [6]. Вторинні зміни порід представлені розвитком кальцифірів і кварцових жил, які утворились в процесі метаморфізму розшарованої серії і вміщуючих порід, а також при формуванні гранітоїдних мас. В меншій мірі в приконтатних зонах масивів розвинуті слюдити. Розривні порушення багаточисленні і різноманітні. Найбільш крупні з них – карбові розломи Центрального масиву. Це скиди з амплітудою до 200–300 м, які надають серпентинітовому тілу форму клину. Серія значних повздовжніх і поперечних малоамплітудних розломів робить загальну структуру Центрального масиву сітчастою. Велику площу Північно-Капітанівського масиву займає плоске корито-подібне тіло серпентинітів, яке на поверхні кристалічного фундаменту представлено переважно аподунітовими серпентинітами. Потужність його не перевищує 150 м. Заводський масив представляє собою крутопадаючу пластину, потужність тіла серпентинітів в межах 40–60 м.

Вивчено речовинний склад руд, що складають окремі рудні тіла масивів. Магнезійні руди масивів представлені аподунітовими серпентинітами, що залягають на базальному шарі хромітів макроритму. За зовнішнім виглядом серпентиніти – масивні, досить щільні, дрібно-середньозернисті, забарвлені в зелений колір різних відтінків. Мікроструктура залежить від складу серпентиніти. Мінеральний склад руди: хризотил (переважає), лізарит, серпофіт, бастит, шпінель, карбонати. Розрізняються по складу змішані хризотил-лізаритові і хризотил-антигоритові різновиди серпентинітів. Перші виявляють добре виражену петельчасту структуру. При локальних змінах хризотил-антигоритової стадії частково зникають реліктові структури вихідних гіпербазитів, а також рідше зустрічаються релікти первинно-магматичних мінералів, іноді зберігається лише вторинний тремоліт. Релікти первинно-магматичних мінералів в описуваних серпентинітах і слабо змінених серпентинізованих гіпербазитах мають розміри від сотих до десятків долей міліметра, неправильну форму, кородовані краї. Рудні мінерали є постійною складовою серпентинітів. Вони представлені магнетитом, хромшпінелідами, сульфідами, самородним золотом, платиноїдами [1, 6]. Концентрації золота в окремих інтервалах серпентинітів Північно-Капітанівського масиву досягають 7 г/т (максимум встановлений в штуфній пробі – 75 г/т), суми платиноїдів – 2 г/т.

Отримані результати. Обговорення

Середній вміст MgO в різних частинах родовища коливається від 36,88 до 38,00 % (табл. 1). Потужність шару аподунітових серпентинітів Центрального масиву – 20–38 м, Північно-Капітанівського масиву – 35–52 м, Заводського масиву – в середньому 40 м. Запаси і ресурси магнезійних руд підраховувались методом розрізів. Згідно розрахункам Г.Д. Лепігова попередньо розвідані запаси (ГЕО-2 [3]) магнезійних руд Центрального масиву становлять 7026 тис. т, Північно-Капітанівського масиву – 106260 тис. т, Заводського масиву – 7334 тис. т.

З магнезійних руд Капітанівського родовища передбачається отримати оксид магнію і потім переробляти

його на металічний магній та вогнетриви. Супутні продукти – активний кремнезем і рудний концентрат. Для переробки магнезійної руди пропонуємо використовувати технологічну схему (рис. 1) Державного науково-дослідного і проектного інституту основної хімії "НІОХІМ" (м. Харків), який у 2006 р. провів лабораторно-технологічні дослідження серпентинітів Південної частини Капітанівського родовища з метою отримання оксиду магнію [2]. В результаті проведених в НІОХІМ досліджень встановлено, що згадана вище схема збагачення дозволяє отримати продукти з вмістом MgO до 97,0–98,8 %. Переробка встановленою технологічною схемою передбачає такі стадії: вилуговування (вилуговування серпентиніту; очищення розчину від заліза, нікелю і хро-

му (рудний концентрат); доводка кремнезему); синтез карналіту (підготовка KCl; синтез, кристалізація, центрифугування); зневоднення (двох стадійне зневоднення; виробництво соляної кислоти); електроліз (електроліз, транспорт магнію, електроліту і хлору); лиття (рафінування, лиття магнію і сплавів). В результаті переробки серпентинітів в рудний концентрат попадають – самородне золото, платиноїди, нікель, кобальт, хром [2]. Кількість концентрату важкої фракції в породі коливається в межах 5–10 % (в середньому 7 %). Вміст рудних компонентів в рудному концентраті може досягти: Ni+Co – 3 %, Cr₂O₃ – 10–12 %, Au – 3–4 г/т, ΣPt – 2 г/т. Цінним продуктом є і активний (чистий) кремнезем.

Таблиця 1

Хімічний склад серпентиніту Капітанівського ультрабазитового масиву (за даними ПГЕ "Північгеологія")

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ св.	1473	1475	1602	1624	1735	1744	1745	1745	1520	1500	1602	1699
гли- бина, м	від	110	158,8	202	110	71,2	261	235	240	77,2	203,2	65
	до	110,2	160,6	202,2	110,2	71,4	261,2	235,2	240,2	78,3	203,4	67
SiO ₃	31,56	32,75	35,91	33,90	34,16	39,11	34,38	34,45	33,59	33,93	36,19	35,55
Al ₂ O ₄	1,19	1,62	1,05	1,35	3,87	4,10	3,88	3,39	1,86	1,96	1,88	1,77
Fe ₂ O ₄	5,72	8,30	4,70	4,87	2,78	3,80	6,48	5,97	7,37	7,29	5,01	4,85
FeO	1,62	2,30	2,42	1,96	2,68	4,82	3,18	3,43	4,03	4,23	3,58	3,64
TiO ₃	-	-	-	0,14	0,10	-	-	-	-	0,09	-	-
MnO	0,08	0,10	0,12	0,11	0,15	0,20	0,10	0,12	0,15	0,08	0,08	0,18
CaO	0,60	1,21	3,01	3,40	4,07	3,54	1,37	1,02	0,81	0,44	2,18	0,71
MgO	40,18	35,35	35,19	35,84	33,47	31,04	33,71	33,79	35,29	36,31	35,15	37,18
P ₂ O ₆	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	-	-	-	-
SO ₄	0,48	0,36	0,60	0,51	0,78	-	0,49	0,59	-	-	-	-
K ₂ O+Na ₂ O	0,23	0,07	0,15	0,10	0,18	-	0,05	0,34	0,47	1,09	0,30	0,41
Cr ₂ O ₄	1,60	2,11	1,29	2,24	2,28	0,59	2,27	2,00	0,62	0,40	0,93	1,44
NiO	0,28	-	0,29	0,04	0,26	0,20	0,26	0,18	0,30	0,30	0,23	0,21
CoO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
H ₂ O	1,22	1,69	0,84	0,75	0,63	1,30	1,12	1,74	1,84	1,47	1,67	1,63
Впп	15,22	14,11	14,39	14,77	14,56	11,29	12,69	12,95	13,66	12,41	12,78	12,43
Сума	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примітка: результат перерахований на 100 %.

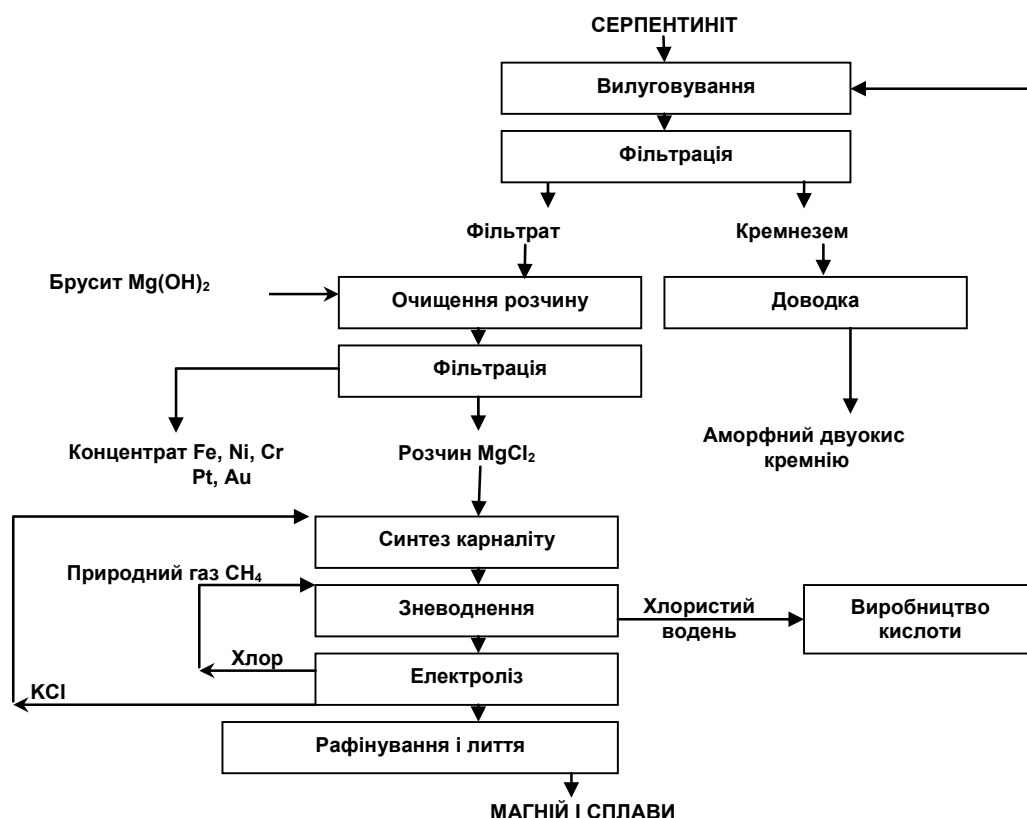


Рис. 1. Технологічна схема переробки серпентиніту [9]

На початку 90-х рр. XX століття інститутом "Кривбасруд" були складені техніко-економічні міркування Центральної ділянки Капітанівського родовища (спільний видобуток хромових руд до глибини 600 м – 2700 тис. т і Ni+Co – 20 тис. т відкритим і підземними способами протягом 20 р.) без підрахунку запасів магnezійних руд (Ковальов, 1993 р.). В порівнянні з вище згаданим техніко-економічними міркуваннями інституту "Кривбасруд" 1993 р. для рудної зони Центрального масиву (першочерговий об'єкт для розробки) запропоновано варіант видобутку відкритим способом хромових руд, магnezійних руд і силікатного нікелю в корі вивітрювання, що забезпечує роботу кар'єру протягом 25 р. з видобутком руди 200 тис. т на рік. Витрати на дорозвідку, будівництво цеху по переробці магnezійних руд на Побузькому нікелевому заводі окупляться за 6,5 р. При цьому можливий прибуток від отриманих додаткових компонентів магnezійних руд (Ni, Co, Au, активного кремнезему).

Висновки

Досліджуване родовище приурочене до однойменної шовної зони, що посприяло мінералізації різних корисних компонентів у промислових обсягах. Зазначено, що корисні компоненти встановлені в трьох рудно-формаційних типах з попередньо розвіданими запасами: руди силікатного нікелю – 17181 тис. т, хромові руди – 5441 тис. т, магnezійні руди – 120620 тис. т. Проведені дослідження та економічна оцінка підтверджують те, що родовище є перспективним та економічно доцільним для розробки, враховуючи запропоновану технологічну схему переробки та видобутку руди, завдяки якій власне видобування є практично безвідходним та дозволяє отримати оксид магнію, супутні компоненти – активний кремнезем і рудний концентрат. Мож-

ливість видобутку кожного окремого корисного компоненту підтверджує максимальну раціональність та ефективність розробки родовища.

Результати досліджень у значній мірі можуть мати вплив на мінерально-сировинну базу України в цілому, адже на території України зазначені компоненти не мають значного поширення та активної розробки. Реалізація такого проекту підтверджує перспективність подальшого перегляду наявної мінерально-сировинної бази України з можливістю дорозвідки та нарощування вже існуючих запасів руд комплексних родовищ.

Подяки

Автори висловлюють вдячність Г.Д. Лепігову, В.М. Гулію за цінні консультації і поради.

1. Бобров О.Б., Гурський Д.С., Гошовський С.В. та ін. Металевий реній у природних геологічних системах: перший світовий досвід опису на прикладі ультрабазитові масивів Середнього Побужжя (Український щит) // Збірник наукових праць УкрДГРІ, 2007. – № 2. – С. 60–82.
2. Гаприндашвили В.Н. Комплексная переработка серпентинитов. – Тбилиси – 1970. – 208 с.
3. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України № 432 від 5.05.1997 р. – Київ: Державна комісія України по запасах корисних копалин при Міністерстві екології та природних ресурсів. – 1997.
4. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Капітанівське родовище нікелевих і хромітових руд // Мінеральні ресурси України. – 1996. – № 4. – С. 18–19.
5. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Комплексні рудні родовища (до методики оцінки перспективних та прогнозних ресурсів) // Геолог України. – 2006. – № 4. – С. 16–18.
6. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Прогноз хромітових родовищ Побузького рудного району // Мінеральні ресурси України. – 2001. – № 3. – С. 18–19.
7. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые / Гурський Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И. и др.; за ред. М.П. Щербака, О.Б. Боброва. – К-Л. – 2005.
8. Мінеральні ресурси України та світу на 01.01.2006 р. / Третьяков Ю.І., Мартинюк В.І., Суботін А.Г. та ін.; гол. ред. Д.С. Гурський. – К. – 2007. – 560 с.

Надійшла до редколегії 03.10.11

УДК 553.611.6

М. Жикаляк, канд. геол. наук

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАДРОКОРИСТУВАННЯ У МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННИХ ЦЕНТРАХ ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.А. Михайловим)

Розвиток мінерально – сировинного комплексу України на період до 2030 року буде здійснюватись в умовах глобалізації, посилення внутрішньої і міжнародної конкуренції за сировинні ресурси та ринки їх збуту. Для довгострокового сталого забезпечення української економіки усіма видами корисних копалин необхідна науково – обґрунтована державна мінерально – сировинна політика, яка повинна реалізовуватись на основі балансу споживання та відтворення мінеральної сировини в умовах вільного ринку.

Development of mineral industry in Ukraine up to 2030 will be conduction in terms of globalization and influence of internal and international competition in the area of mineral commodities and their markets. For long-term stable development of Ukrainian economy based on essential mineral commodities, research-based government mineral police is needed/ It should be realized on the basis of minerals supply/demand balance, in the circumstances of free market economy.

Структура мінерально-сировинної бази промислових регіонів України за ступенем геологічного вивчення та підготовленості родовищ до промислового освоєння в цілому сприятлива і свідчить про можливість забезпечення потреб промисловості щодо базових видів мінеральної сировини на віддалену перспективу. Але незважаючи на загальне падіння обсягів гірничо-промислового виробництва, за деякими видами сировини проблема забезпечення споживачів залишається надзвичайно актуальною. Це обумовлено, перш за все, дефіцитом таких видів корисних копалин, як природний газ, нафта, благородні, рідкісні та кольорові метали, алмази, ванадій, вольфрам, молібден, літій, барит, апатити, фосфорити тощо.

Відмічені особливості повинні були сприяти активізації геологорозвідувальних робіт (ГРР) на об'єктах незаліцензованого фонду надр, резервних і перспектив-

них ділянках з метою відтворення ефективних запасів корисних копалин, які відповідатимуть сучасним економічним вимогам освоєння і екологічно безпечним умовам експлуатації, але значне зниження обсягів бюджетного фінансування геологорозвідувальних робіт (ГРР), яке відбувалось в останні роки, обумовило ("запустило") розвиток наступної "ланцюжкової реакції": **зниження кількості об'єктів держзамовлення → зниження приросту запасів та ресурсів корисних копалин → зниження кількості об'єктів, підготовлених до промислового освоєння, або які можуть виставлятися на аукціон → зниження кількості об'єктів, які будуть передаватися за спецдозволами надрокористувачам → зниження доходів державного та місцевих бюджетів за рахунок зменшення плати за користування надрами → зменшення приросту запасів та видобутку на об'єктах, які фінансуються за рахунок**

позабюджетних коштів і договірних робіт → зменшення інвестиційної привабливості галузі та інноваційної складової надрокористування в гірничо-промислових регіонах України.

Виділення невіршених раніше частин проблеми та формулювання цілей статті. З метою покращення інвестиційної привабливості об'єктів мінерально-сировинного комплексу України необхідно постійно удосконалювати з врахуванням європейського та російського досвіду вітчизняну систему оподаткування надрокористування шляхом обґрунтування в єдиному податку за використання надр процентної долі на відтворення погашених запасів корисних копалин [1]. При цьому обов'язково враховувати баланс і кон'юнктуру мінеральної сировини, розміри та запаси родовищ, умови залягання, якість корисних копалин, їх ліквідність, соціально-економічні і екологічні умови гірничовидобувних регіонів та інші чинники. Треба негайно створити оптимізовану систему багатоваріантного мінерально-сировинного забезпечення України стратегічними та дефіцитними видами корисних копалин на період до 2030 року і подальшу перспективу з обов'язковою реалізацією перманентної стратегічної схеми: **прогнози ресурси → перспективні запаси та ресурси → промислові запаси → видобуток → ефективне оподаткування використання надр → споживання → багатовекторне фінансування ГРР → відтворення мінерально-сировинної бази.** Одночасно, виходячи із ступеню геологічного вивчення території України та кон'юнктури внутрішнього і зовнішнього ринків мінеральної сировини, доцільно ввести в практику щорічного планування Державного замовлення щодо розвитку мінерально – сировинної бази країни завдання з приросту не тільки фізичних обсягів запасів і ресурсів корисних копалин, але і з приросту валової та ефективної їх вартості, а також інноваційно-інвестиційного значення розвіданих (прирошених) запасів і перспективних ресурсів корисних копалин для економіки регіонів (центрів економічного зростання) і держави в цілому.

Реалізація цих умов і заходів дозволить виробляти цінні геолого-інформаційні знання та продукцію надр для забезпечення економічних, політичних, соціальних, наукових і культурних потреб держави у відповідності з теорією сталого розвитку. Одночасно під впливом інноваційних геологічних і технологічних знань та процесів традиційні форми надрокористування трансформуються і радикально зміняться пропорційно з економічними аспектами оптимального використання мінеральних ресурсів [2].

Перехід на інноваційний шлях розвитку практично в усіх країнах світу визнаний як неминучий, незалежно від їх соціально-економічного розвитку. Безумовно, з врахуванням інноваційного шляху розвитку повинна реалізовуватись як стратегія розвитку економіки України, так і стратегія реформування галузей геології та надрокористування, а не за бюрократичними чи корпоративними намаганнями змінити форму власності геологічних підприємств з державної на приватну. Тому в складних умовах сьогодення фінансування держзамовлення з розвитку мінерально – сировинної бази доцільно здійснювати з врахуванням інноваційної складової та гарантованого позитивного геологічного результату, придатного для реалізації у сучасне виробництво в умовах конкуренції.

Викладене та особливості практичного надрокористування в Україні в останні роки дозволили автору обґрунтувати та запропонувати таке поняття як інноваційне надрокористування. Інноваційне надрокористування – це економічно ефективно і екологічно ощадливе видобування і використання мінерально-сировинних ресурсів, яке базу-

ється на комплексному інноваційному геологічному вивченні родовищ та побудові об'ємних або погоризонтних цифрових комп'ютерних моделей об'єктів, доброзичливому сприйнятті нових ідей, нових схем і технологій розробки з використанням нових машин та обладнання.

Таким чином, можна відмітити, що інноваційне надрокористування – це процес, направлений на реалізацію результатів закінчених позитивних геологічних досліджень і який забезпечить підвищення його ефективності в ринкових умовах та сприятиме вирішенню екологічних і соціально-економічних задач гірничо-промислових регіонів. З усіх видів та етапів надрокористування саме етап геологічного вивчення є найбільш сприйнятним і найбільш підготовленим до інновацій, оскільки при його реалізації використовуються нові геологічні і загальнонаукові ідеї і досягнення наук про Землю, передові геологорозвідувальні та інформаційні технології тощо. Можна навіть відмітити, що завжди, особливо в минулі роки, коли такого поняття, як інновація, не існувало, геологічне вивчення і геологічна розвідка родовищ корисних копалин були інноваційними або включали в себе значну інноваційну складову.

Подальше удосконалення мінерально – сировинної бази України в умовах відкритого ринку вимагає збалансованого розвитку традиційних для України корисних копалин, а стосовно перспективних і неосвоєних видів – системного обліку та інтеграції економічних, кон'юнктурних, соціальних і природоохоронних факторів у відповідності з теорією сталого розвитку регіонів, держави в цілому і сусідніх європейських країн, перш за все, Росії та Польщі [2].

Згідно з мікроекономічною теорією закономірності розвитку вільного ринку мінеральних ресурсів неминуче приведуть до удосконалення технології та організації виробництва на усіх етапах освоєння родовищ, що, в свою чергу, забезпечить пропорційне скорочення витрат у мірі збільшення обсягів готової продукції (ефект масштабу). Перманентна дія даного чинника приведе до збільшення та вузької спеціалізації тих секторів мінерально-сировинного комплексу, які будуть характеризуватись наявністю ефекту масового виробництва [2].

Незбалансована структура виробництва і економіки України, яка сформулювалась в останні роки, імовірно, не має потенціалу довгострокового розвитку. Тому адекватно нинішньому стану української економіки для подальшого розвитку вітчизняного мінерально-сировинного комплексу необхідний міжгалузевий підхід і урівноважена міжгалузева модель сталого розвитку. Обумовлений даною моделлю розвитку баланс попиту і пропозиції та перманентне удосконалення економічної політики покращить позитивну макроекономічну динаміку і забезпечить підвищення ефективності промислового виробництва в цілому [2].

В умовах глобалізації та інновацій економісти провідних країн світу виступають з пропозиціями щодо розширення та поглиблення статистичної звітності стосовно наявності і використання природних ресурсів (особливо невідновлюваних – мінерально-сировинних) та охорони навколишнього середовища [3]. Мова йде про створення системи регулярного поновлення інформації про їх кількість і якість в натуральному та вартісному відображенні, комплексній оцінці усіх видів та складових природних ресурсів як елемента національного багатства і економічного зростання, впливу процесів деградації або покращення навколишнього середовища на економіку, приріст валового і чистого національного продукту та зростання добробуту народу. Тобто в сучасних умовах раціональному і комплексному використанню надр повинно (і може) сприяти не бюрократичні чи корпоративні інтереси, а тільки застосування еконо-

мічних методів регулювання надрокористування. Необхідно, перш за все, здійснити геолого-економічне районування території України та основних гірничо-промислових регіонів за питомою цінністю надр, рентабельністю запасів корисних копалин і перспективністю прогнозних ресурсів та інноваційно-інвестиційною привабливістю ділянок і площ (щільністю мережі від 10 до 100 км²). За результатами пошуково-розвідувальних робіт або в процесі геолого-економічної оцінки родовищ важливо також проводити розрахунок валової та ефективної вартості розвіданих запасів корисних копалин.

Ділянки надр, геологічне вивчення яких обмежилось регіональною і загальнопошуковою стадіями або не дало серйозних пошукових результатів (виявлені прогнозні ресурси тільки категорії Р₃ чи Р₂), доцільно передавати надрокористувачам за заявкою і принципом "перший прийшов – першим отримав" або на конкурсних (тендерних) умовах при наявності декількох заявників. Плата за видачу спецдозволу і за геологічну інформацію в цьому випадку може бути символічною або

незначною зважаючи на високий інвестиційний ризик. Необхідно також враховувати, що природна обмеженість і невідновлюваність запасів корисних копалин є об'єктивною передумовою встановлення в Україні такого правового порядку користування надрами та такого рівня плати за їх використання для видобування корисних копалин, які спонукали б користувачів надр до раціонального використання та ефективного відтворення запасів мінеральної сировини у відповідності з економічною теорією сталого розвитку.

1. Жикаляк Н.В. Влияние ресурсных налогов на деятельность горных предприятий // Экономика промышленности. – 36. наук. праць Інституту економіки промисловості НАНУ, 2005. – № 2 (28). – С. 125–131. 2. Жикаляк Н.В. Особенности устойчивого недропользования в современных экономических условиях // Механизмы управления развитием социально-экономических систем: М 55 моногр./за заг. ред. О.В. Мартяковой. – Донецьк: ДВНЗ "ДонНТУ", 2010. – С. 498–507. 3. Ларичкин В.А., Константинов Б.А., Макаров Д.В. Основные системы учета минерально-сырьевых ресурсов в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. Спецвыпуск, 2007. – С. 15–21.

Надійшла до редколегії 15.07.11

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3:004.94

О. Кошляков, д-р геол. наук, доц.,
О. Диняк, канд. геол. наук,
І. Кошлякова, пров. інж.

ВИСНАЖЕННЯ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ПИТНИХ ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ м. КИЄВА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.М. Коржневим)

Розглядається питання зміни гідродинамічного стану водоносних горизонтів і комплексів в результаті порушення режиму експлуатації та охорони підземних вод на території м. Києва. Проаналізовано зміну стану питних водоносних горизонтів в умовах інтенсивної експлуатації. Виявлені основні закономірності виснаження та забруднення питних підземних вод, які пов'язані з техногенним навантаженням на водоносні горизонти.

Consider the question of change of hydrodynamic condition of aquifers and complexes resulting from violations of the exploitation and protection of groundwater in Kyiv. The change of state drinking water aquifer under intensive use. The basic patterns of depletion and contamination of potable drinking ground water associated with man-made stress on the aquifers.

Вступ. Значна щільність населення, концентрація промислових і сільськогосподарських виробництв, що потребують великої кількості води, з багатовідходним технологічним процесом обумовили відчутний техногенний вплив на навколишнє середовище, у тому числі на підземні води. В умовах обмеженого і нерівномірного розміщення водних ресурсів по території постає проблема стійкого забезпечення водою з мінімальними екологічними і економічними втратами. Господарська діяльність, розробка родовищ корисних копалин, збільшення водоспоживання за рахунок підземних вод призводять до зміни стану підземної гідросфери. Сучасний водовідбір підземних вод не відповідає можливостям їх максимального використання. Так, на значній частині території України, за винятком півдня, існують сприятливі гідрогеологічні умови для збільшення використання підземних вод при обов'язковому забезпеченні раціонального режиму експлуатації та виконання необхідних водоохоронних заходів. Крім того, зростання використання захищених підземних вод для питногосподарчих потреб сприяє значному зниженню водно-екологічного ризику, зумовленого використанням забруднених поверхневих вод.

Також однією з найважливіших проблем є погіршення якості підземних вод внаслідок локального забруднення, пов'язаного як з техногенним навантаженням на водоносні горизонти (формування депресій, інтрузії забруднених вод), так і забрудненням ландшафтів і поверхневих вод (надходження хімічних сполук на орні

землі, радіонуклідів та ін.). Так, спостереження за показниками якості води на діючих водозаборах дають підставу констатувати наявну тенденцію до погіршення якості води, зростають концентрації нормованих компонентів тощо [4].

Значний водовідбір підземних вод при недотриманні встановленого режиму експлуатації водозаборів обумовлює виснаження запасів родовищ підземних вод та їх забруднення. При цьому відбувається перетікання підземних вод із суміжних водоносних горизонтів та інтенсифікація залучення поверхневих вод до живлення підземних, що відображається на їх якості. Також тривала інтенсивна робота водозаборів в певних геолого-гідрогеологічних умовах може викликати поступову деформацію та осідання денної поверхні, що негативно впливає на стан довкілля.

Виклад основного матеріалу. Масштаби і темпи змін екологічного стану підземних вод особливо відчутні в густонаселених районах з інтенсивною господарською діяльністю, де функціонують великі групові водозабори. Для розрахунків водозабір, який складається з великої кількості свердловин, замінюється узагальненою системою – так званим "великим колодязем", дебіт якого дорівнює сумарному дебіту усіх свердловин, що входять до системи [1].

Чисельні водозабори ("великі колодязі"), які експлуатуються на територіях промислових та міських агломерацій з метою забезпечення господарської діяльності, "стягують" до місць їх розташування фільтраційні

потоки та значною мірою впливають на стан підземного простору. Порушення природного режиму підземних вод під впливом техногенних факторів зумовлено зміною співвідношення живлення та розвантаження, в результаті чого спостерігаються:

- виснаження підземних вод з утворенням великих депресійних воронок внаслідок інтенсивного водозабору та водозниження в гірничих виробках;
- підтягування і проникнення солоних вод через інтенсивне відкачування підземних вод;
- підпір ґрунтових вод, зумовлений гідротехнічним будівництвом;
- підтоплення територій під впливом природно-техногенних факторів внаслідок водозабору.

В результаті утворення воронки депресії на урбанізованих територіях відбувається розширення зони активного водообміну між питними та вищезалягаючими водоносними горизонтами. Крім того, може відбуватися

інверсія градієнтів тиску, в результаті якої висхідні потоки змінюються низхідними.

Для територій з інтенсивним водогосподарським навантаженням значний водовідбір підземних вод призводить до перерозподілу гідродинамічних напорів у водоносних горизонтах, що кардинально змінює схему водообміну між поверхневими та підземними водами. Зміна водообміну може бути настільки суттєвою, що практично зникає природний режим підземних вод, відбувається значне виснаження водоносних горизонтів, погіршення якості та втрата родовищ підземних вод. Причини погіршення якості підземних вод різні і можуть бути як наслідком порушення природної гідрогеохімічної зональності, так і присутності в водовміщувальних породах мінералів, що стають джерелом додаткового надходження нормованих елементів, та складної взаємодії природних процесів й різноманітного техногенного впливу на підземні води.

Таблиця 1

Великі колодязі на сеноман – келовейський водоносний комплекс (м. Київ)

Назва ВК	Площа загальна (км ²)	Площа незахищена (км ²)	Площа умовно захищена (км ²)	Затв. запаси тис. м ³ /добу	Водовідбір тис. м ³ /добу станом на 2003 р.
Десна	19.4790	0.0000	19.47900	59.000	3.3890
Оболонь	8.9290	0.0000	8.92900	52.000	42.7130
3	0.8370	0.0000	0.83700	1.500	0.5040
4	1.1510	0.0000	1.15100	6.400	1.3860
Виноградар	1.7930	0.4130	1.38000	7.200	12.2790
Мінське шосе	0.8200	0.0000	0.82000	4.000	4.2410
5	0.7100	0.3400	0.37000	8.700	2.3450
7	2.0640	1.0100	1.05400	11.700	0.2550
6	0.7250	0.4330	0.29200	2.700	0.1850
Ново-Біличі	8.3500	6.5710	1.77900	1.400	0.8670
11	1.2860	0.0000	1.28600	7.100	3.4220
12	0.7950	0.0000	0.79500	7.000	5.0810
10	1.0970	0.0000	1.09700	6.500	6.2500
13	1.4670	0.0000	1.46700	3.800	5.1530
14	0.9470	0.3440	0.60300	1.400	0.9640
15	1.8010	1.6120	0.18900	3.900	2.4520
16	1.4440	0.0000	1.44400	10.300	4.5860
17	3.4500	0.2860	3.16400	14.300	0.1160
29	0.9790	0.0000	0.97900	22.400	4.1600
30	0.7750	0.0000	0.77500	1.700	1.3380
31	0.3070	0.0000	0.30700	1.600	0.1480
32	0.4870	0.0000	0.48700	5.200	0.7590
33	0.9080	0.0000	0.90800	2.900	0.0660
8	4.3380	0.0000	4.33800	0.200	0.0000
19	0.8090	0.0000	0.80900	2.300	3.0940
20	4.7000	0.0000	4.70000	14.500	3.2950
21	0.9850	0.6510	0.33400	14.500	0.0000
25	4.0850	2.0780	2.00700	23.800	17.2890
24	0.5320	0.0000	0.53200	4.900	2.6870
18	2.7010	1.4950	1.20600	0.600	0.2150
22	1.2090	0.0000	1.20900	3.200	1.4600
36	0.4060	0.0000	0.40600	0.700	1.0440
34	0.4140	0.0000	0.41400	1.400	0.0640
35	1.5540	0.0000	1.55400	6.900	0.5880
38	0.7350	0.0000	0.73500	2.700	0.4520
41	0.1550	0.0000	0.15500	0.900	0.0000
37	0.4610	0.0000	0.46100	3.100	2.0630
Бортничі	22.0180	0.0000	22.01800	65.000	0.8700
39	2.5200	0.0000	2.52000	0.400	0.0270
40	2.9950	0.0000	2.99500	1.300	0.9900
28	0.8510	0.7970	0.05400	0.600	0.1260

При багаторічній експлуатації водозабірних споруд на територіях промислово-міських агломерацій можливі зміни тих чи інших компонентів природного середовища. Масштаби цих змін визначаються гідрогеологічними умовами. Слід відзначити, що до останнього часу будь-яких цілеспрямованих науково-дослідних і узагальнюючих робіт по оцінці можливих змін геологічного

середовища під впливом експлуатації підземних вод практично не проводилось. Режимні спостереження за окремими компонентами природного середовища в процесі експлуатації водозабірних підземних вод майже не проводяться. При цьому, якщо спостереження за витратами водозабірних споруд, рівнями підземних вод та вмістом в них деяких хімічних компонентів все ж таки

проводиться (але їх недостатньо), то спостереження за змінами поверхневого стоку, положенням поверхні землі, розвитком суфозійних та карстових процесів, змінами ландшафту і т. ін., майже, по суті, не виконуються.

Для м. Києва, як і для більшості промислово-міських агломерацій, актуальною є проблема забруднення та виснаження питних водоносних горизонтів.

Слід зазначити, що гідрогеологічні умови правобережної та лівобережної частини м. Києва відрізняються. Відповідно до геологічної будови на території м. Києва виділяють водоносні горизонти та комплекси, які приурочені до четвертинних, олігоцен-пліоценових, еоценових, сеноман-келовейських, середньоруських відкладів [2].

Для організації централізованого водопостачання м. Києва найбільше практичне значення мають водоносний комплекс (сеноман-келовейський) у відкладах іванецької світи середньої і верхньої юри та загорівської, журавинської, бурімської світ нижньої і верхньої крейди (J_2 зів+K₁₋₂zg-br) та водоносний горизонт у відкладах орельської світи байоського ярусу середньої юри (J_2 or), які експлуатуються понад 100 років. З точки зору формування їхнього якісного складу велику роль відіграють водоносні горизонти, що виступають у ролі живлячих (у першу чергу, перші від поверхні землі). Водоносний горизонт еоценових відкладів використовується дрібними водокористувачами для технічного водопостачання за допомогою свердловин на околицях м. Києва.

Перша узагальнена оцінка експлуатаційних запасів прісних підземних вод в районі м. Києва була проведена в 1972 році [2]. В 1978 році виконано роботи з оцінки експлуатаційних запасів підземних вод на ділянках "Виноград" і "Десна", а в 1984 році – на ділянці "Бортничі I – II". За станом на 01.01.2004 кількість затверджених запасів по у м. Києві складає 288,7 тис. м³/д (табл. 1), в тому числі по "Великих колодязях" на правобережжі Дніпра – 171,2 тис м³/д і на лівобережжі Дніпра 117,5 м³/д [4].

Рівень підземних вод сеноман-келовейського водоносного комплексу в не порушених умовах знаходився на абсолютній позначці +106 м [4]. З кожним роком експлуатації водовідбір із цього водоносного горизонту постійно збільшувався, а рівень знижувався. На період оцінки запасів підземних вод району м. Києва в 1972 році в правобережній частині міста максимальна глибина депресійної воронки складала 65 – 68 м. Всі діючі тут водозабори оконтурювалися гідроізоп'єзою з абсолютною відміткою +65 м. Починаючи з 1970 року в правобережній частині міста вводилися в дію нові водозабори. Водовідбір значно збільшився, у зв'язку з чим депресійна воронка продовжувала формуватися по площі і на глибину. В 1986 році в м. Києві був досягнутий максимальний водовідбір 209,3 тис. м³/д, з них водозаборами правобережної частини м. Києва відбиралося 170,3 тис. м³/д. Темп зниження п'єзометричного рівня в середньому складав 2–3 м на рік [3]. Аналіз п'єзометричної поверхні сеноман-келовейського водоносного комплексу в умовах експлуатації за станом на 1987 рік показує, що водозабори правобережної частини міста оконтурювалися гідроізоп'єзою з абсолютною відміткою +10 м. (табл. 2)

Таблиця 2

Зміна гідродинамічних напорів сеноман-келовейського водоносного комплексу в умовах експлуатації

Рік	гідроізоп'єза, м
Непорушені умови	+ 106
1972	+ 65
1980	+ 30
1987	+10
1999	+10

Необхідно зазначити грандіозний масштаб антропогенних змін природних геологічних умов у районі

м. Києва. За останні 100 років свого існування докорінно змінився рельєф міста, гідрографічна мережа, гідро-геологічна ситуація, інженерно-геологічні властивості порід верхніх геологічних горизонтів. Значне поширення насипних ґрунтів зневолювало поверхню, знищено багато природних геоморфологічних елементів рельєфу. Засипані болота, озера, яри; річкові долини і кар'єри зараз складають значну частину міської території. Наявність величезної кількості старих колодязів, погребів, ям, комунікацій дренажів тощо, пройдених у різні часи існування міста, також у значній мірі змінило природні гідрогеологічні умови.

Інтенсивне господарське освоєння поверхневого шару міста і глибокозалягаючих водоносних горизонтів різко порушило і природну гідрогеохімічну рівновагу. Головними факторами впливу на сьогодні є підземне будівництво, в основному метрополітену, і експлуатація глибоких водоносних горизонтів великою кількістю водозаборів.

Вийма порід при будівництві метрополітену призводить до утворення в районі гіричних виробок зон, у межах яких породи набувають принципово нових фізико-механічних властивостей і якісних станів. Одночасно в результаті водозниження і водовідбору різко змінюється і режим підземних вод.

Все це істотно впливає на формування хімічного складу підземних вод і, в першу чергу, четвертинного та еоценового горизонтів. Води четвертинних відкладів вже тривалий час не використовуються для питного водопостачання в результаті погіршення якості води.

На основі детального аналізу зміни в часі дебітів водозаборів і рівнів підземних вод, аналізу карт гідроізоп'єз, що відображають п'єзометричні поверхні у природному стані та в умовах експлуатації на різні періоди часу, можливо визначити джерела сучасного формування експлуатаційних запасів сеноман-келовейського та середньоруського водоносних горизонтів.

Так, для сеноман-келовейського водоносного комплексу, у багаторічному розрізі, зниження рівнів підземних вод загалом пропорційні збільшенню водовідбору, що характерно для умов, коли водовідбір забезпечений постійними джерелами поповнення запасів. Форма п'єзометричної поверхні і характер її зміни в часі, а також порівняно невеличкий радіус загальної воронки депресії (10–12 км) свідчать про додаткове живлення згаданого комплексу, що надходить через роздільний прошарок мергельно-крейдових порід верхньої крейди з водоносного комплексу еоценових відкладів [1]. Це підтверджується воронкою депресії, що утворилася в еоценовому водоносному горизонті, який у м. Києві практично не експлуатується.

Найбільш інтенсивне живлення сеноман-келовейського водоносного комплексу відбувається в долині р. Дніпро, де в результаті розмиву київських мергелів, які перекривають еоценовий водоносний комплекс, останній безпосередньо пов'язаний з обводненими алювіальними відкладами і поверхневими водами. Менш інтенсивно додаткове живлення надходить на всій іншій площі, де розповсюджені київські мергелі. Про це переконливо свідчить той факт, що в межах м. Києва загальна депресійна воронка чітко диференціюється на дві: право- і лівобережну з добре вираженим вододілом у заплаві Дніпра, де зниження рівнів не перевищують 50 м [4].

У водоносному горизонті середньоруських (байоських) відкладів відзначається деяке зростання питомого зниження, хоча в окремі періоди ця величина залишається постійною. Зіставлення результатів розрахунків знижень рівнів, виконаних для умов ізолюваного пласта на минулі моменти часу, з даними експлуатації пока-

зує значне перевищення розрахункових знижень над фактичними. Значення узагальнених коефіцієнтів п'єзо-проводності нижчі дослідних. Отримані дані дозволяють зробити висновок про те, що існують додаткові джерела формування експлуатаційних запасів підземних вод середньокорських відкладів. Проте, у порівнянні із сеноман-келовейським комплексом, умови живлення цього горизонту менш сприятливі, про що свідчать значні розміри воронки депресії (радіус близько 60 км).

Таким чином, водовідбір із середньокорського водоносного горизонту значною мірою забезпечується додатковим живленням, що може надходити тільки через його покрівлю. Це підтверджується в ході гідрогеотермічних досліджень у свердловинах: аналізу ступеня і характеру засоленості батських глин; досліджень вмісту радіоуглецю C^{14} у підземних водах [3].

При аналізі отриманих результатів та вивченні карт захищеності підземних вод м. Києва автори даної статті виконали оверлейний аналіз (накладання) карт розташування "великих колодязів" та карт захищеності поверхневих водоносних горизонтів. Накладання поверхонь виконано в середовищі ГІС.

В результаті отримані карти (рис.1) та зіставлені площі умовно захищених та незахищених ґрунтових вод на ділянках розташування 28 "великих колодязів" сеноман-келовейського водоносного горизонту (рис.2).

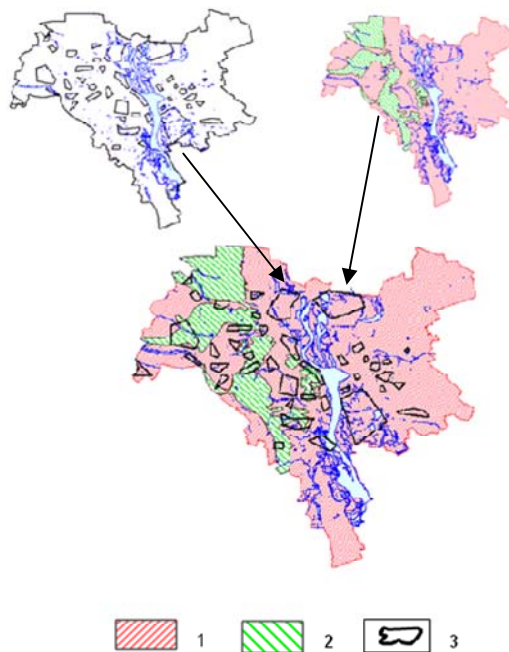


Рис. 1. Карта-схема розміщення "великих колодязів" у сеноман-келовейському водоносному горизонті з урахуванням захищеності першого від поверхні водоносного горизонту від забруднення:
1 – площа умовно захищених підземних вод; 2 – площа незахищених підземних вод; 3 – "великі колодязі"

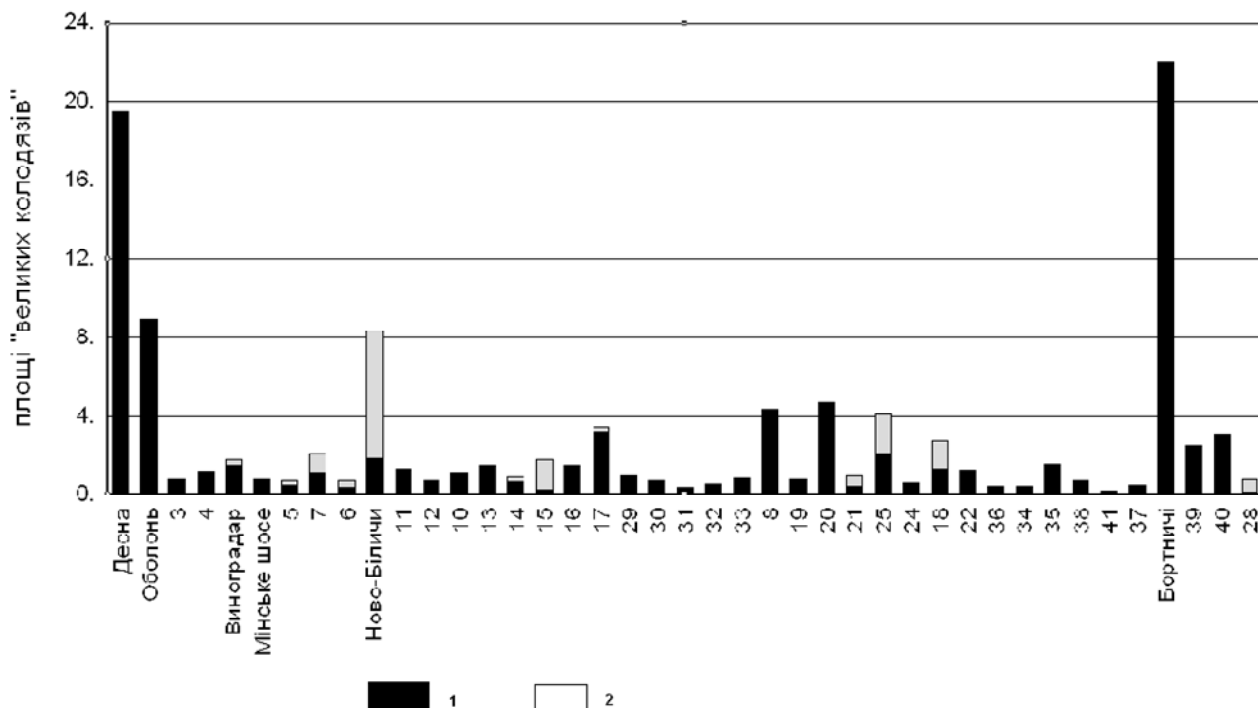


Рис 2. Співвідношення площ умовно захищених (1) та незахищених (2) ґрунтових вод на ділянках розташування "великих колодязів" сеноман-келовейського водоносного горизонту для території м. Києва

Незважаючи на те, що водоносний горизонт сеноман-келовейських відкладів захищений на правобережжі та умовно захищений на лівобережжі р. Дніпро, а водоносний горизонт у відкладах середньої юри захищений по всій площі розповсюдження в м. Києві, проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок про те, що в разі подальшого переважання низхідних потоків (в результаті зниження рівнів внаслідок збільшення водовідбору) та збільшення живлення во-

доносних горизонтів за рахунок ґрунтових вод може відбуватися погіршення якості питних підземних вод.

Висновки:

1. До основних наслідків експлуатації питних водоносних горизонтів на території м. Києва відносяться: зміна режиму і балансу підземних вод, що експлуатуються, і суміжних з ними водоносних горизонтів; формування великих депресійних воронок; зміна напрямку руху підземного потоку, трансформація областей роз-

вантаження в області живлення; зміна якості підземних вод по площі і в перерізі; зниження рівня ґрунтових вод та пов'язані з цим процеси зміни ландшафтних умов.

2. Водоносні горизонти і комплекси м. Києва пов'язані між собою у вертикальному розрізі; на даний час на території м. Києва переважають процеси спадної фільтрації, які обумовили перетікання підземних вод із вищезалегалих в нижчезалегалих водоносні горизонти; в результаті техногенної діяльності зростає інтенсивність і глибина водообміну, його переважно вертикальний характер.

3. Незважаючи на природну захищеність питних підземних вод у м. Києві, в разі подальшого переважання низхідних потоків (в результаті зниження п'єзометричних рів-

нів при збільшенні водовідбору) та збільшення живлення водоносних горизонтів за рахунок ґрунтових вод, може відбуватися погіршення якості питних підземних вод.

1. Боровский Б.Д., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод : Пособие. — К., 1989. 2. Гидрогеологические условия и оценка эксплуатационных запасов подземных вод района г. Киева (по состоянию на 01.01.1972 г.) — ПДРГП, 121 с. 3. Изучение режима подземных вод, контроль за их охраной по территории Киевской, Житомирской и Черниговской областей за 1988–1990 гг. с обобщением материалов за 1986–1990 гг. — Геоинформ. — 135 с. 4. Розробка схеми розвитку системи водопостачання м. Києва за рахунок підземних вод на період до 2020 року — Звіт від 01.12.03 НАН України. — 153 с.

Надійшла до редколегії 08.02.12

УДК 553.042

Н. Захарій, інж., М. Курило, канд. геол. наук

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗМІН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРИКЛАДІ ВУГЛЕДОБУВНОГО РЕГІОНУ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.Є. Кошляковим)

Розглядаються питання пов'язані з антропогенним тиском на довкілля вугледобувного регіону України – Західний Донбас. Проаналізовано набір даних електронних карт Дніпропетровської області та виконано районування територій за ступенем пошкодження та придатності для якісного проживання населення в межах ГІС-макету. Розраховано показник загального ризику небезпечних змін геологічного середовища та проведена бальна оцінка території.

The problems associated with human pressure on the environment coal region of Ukraine – Western Donbas are examined. Analyzed data digital maps of Dnipropetrovsk region and made zoning areas by degree of damage and suitability for high-quality living population within GIS model. Calculated indicator for the overall risk of dangerous changes in the geological environment and performed score evaluation territory.

Постановка проблеми. Останніми роками зафіксована тенденція до стабілізації антропогенного тиску на довкілля, але рівень техногенного навантаження залишається високим, а екологічна ситуація незадовільною майже по всіх регіонах України. Західний Донбас належить до вугледобувних регіонів, які за класифікаціями стану навколишнього середовища належить до критичних, що зумовлено комплексним впливом природних та техногенних факторів.

Західний Донбас є регіоном з динамічним розвитком вугледобувної промисловості, який характеризується наявністю значних запасів корисних копалин та стрімким нарощуванням видобутку. Порівняно з іншими вугледобувними регіонами України Західний Донбас є відносно "молодим" (розробка проводиться з середини 60-х років 20 ст.), але вже з загрозливим розвитком небезпечних змін геологічного середовища. В даних умовах актуальним питанням є визначення екологічних ризиків та збитків, які пов'язані з об'єктами вуглевидобутку. При проведенні таких оцінок обов'язковим є врахування економічної складової, яка пов'язана з ймовірністю пошкодження та руйнування промислових об'єктів та земельного фонду.

Аналіз останніх досліджень та невирішені раніше проблеми. Питання визначення еколого-економічних пріоритетів у природоохоронній діяльності торкаються у своїх працях такі дослідники: Бесєда М.І., Евграфіна Г.П., Сухіна О.М., Яковлев Є.О., Рагозін О.Л., Трофимов В.Т., Коржнев М.М., Рудько Г.І., Плотноков О.В. та інші. Ряд аспектів зазначеної проблеми в її теоретико-методичному, прикладному аспекті залишаються недостатньо визначеними та дискусійними, відсутні конкретні методики, не враховується регіональна специфіка тощо, і тому відповідні питання вимагають подальшого наукового обґрунтування і пошуку оптимальних практичних рішень.

Цілі статті. До ряду найбільш актуальних екологічних проблем гірничодобувних регіонів належить раціональне використання і охорона ресурсів геологічного простору від забруднення та виснаження. Розробка нових і вдосконалення існуючих методів прогнозування розвитку небезпе-

чних процесів та їх оцінка (районування територій за ступенем пошкодження та придатності для якісного проживання населення) на базі сучасних ГІС-технологій, є питаннями в рівній мірі актуальними для усіх регіонів зайнятих добуток корисних копалин в Україні.

Метою даного дослідження є аналіз стану геологічного середовища за допомогою інструментів ГІС. Територія ГІС-макету, що досліджується характеризується розвитком небезпечних екзогенних геологічних процесів: зсувів, підтоплення, карсту та інших, які спричиняють ризик руйнування та пошкодження промислових й господарських об'єктів, та погіршення якості земельних та водних ресурсів. Окремим етапом досліджень є районування території за техногенним навантаженням та безпекою життєдіяльності для виявлення екологічно небезпечних зон мешкання населення та визначення пріоритетних екологічних проблем.

У статті запропоновано методику оцінки розвитку небезпечних процесів, що зумовлені як техногенною так і природною складовою в межах вугледобувного регіону Західного Донбасу. Також побудовано ГІС-макет в межах якого проведено бальну оцінку та представлено картограму районування адміністративних районів за ступенем ураження небезпечними для життєдіяльності процесами та виведенням з користування земельних ресурсів.

Викладення основного матеріалу. Економічні оцінки екологічних збитків, які пов'язані з об'єктами надрокористування, проводять на основі визначення ризиків виникнення певних негативних процесів геологічного середовища. Поняття ризик розглядається, як ймовірність виникнення тієї чи іншої події, що спричинена впливом зовнішніх чинників та діяльністю людини і призводить до негативних наслідків для держави, суспільства, для окремого індивіда. Основою для визначення можливого ризику прояву негативних змін геологічного середовища (як природних, так і техногенних) є його комплексний показник, який акумулює всю послідовність залежних і незалежних ризиків. При цьому залежні ризики перемножуються, а незалежні – додаються.

Прояв небезпечних змін геологічного середовища (просідання, карст, зсуви, підтоплення, тощо) має площинний вираз. Можна провести їх картографування, виконати підрахунок площі, їх частку від території району, області чи країни. Якщо для території побудовані карти прояву небезпечних техногенних змін геологічного середовища за кожним типом таких змін (просіданням, карстом, зсувами, тощо), то можна скласти загальну карту ризиків небезпечних змін геологічного середовища території. Після створення картографічної бази даних це легко можна зробити за допомогою серії запитів та математикою карт в середовищі ГІС.

Після встановлення залежності впливу процесів між собою (кореляційний та факторний аналіз) було підраховано ризик розвитку цих процесів на території Західного Донбасу. Складено загальну формулу ризику прояву небезпечних змін ГС для території, на прикладі ГІС-макету Західного Донбасу:

$$R_{ГС} = R_{ТН} \cdot R_{ДВ} + \dots + R_K \cdot R_{ПД},$$

де $R_{ГС}$ – загальний ризик небезпечних змін ГС, складовими якого є R_K – ризик прояву карсту, $R_{ПД}$ – ризик підтоплення території, $R_{ТН}$ – ризик впливу збільшення техногенного навантаження, $R_{ДВ}$ – ризик збільшення депресійних воронок, тощо.

Ризик у техногенній сфері нашої країни (за існуючими дослідженнями і класифікаціями) досить високий і становить $5.35 \cdot 10^{-4}$ (у нормативних документах Євро-союзу та Росії значення індивідуального ризику рекомендується приймати не більшим за 10^{-6}). Показник ризику для території вугледобувної діяльності в межах

ГІС-макету Західного Донбасу дорівнює $1,7 \cdot 10^{-3}$ і за існуючими класифікаціями відноситься до небезпечних.

Іншим показником оцінки екологічних ризиків є геометрична ймовірність виникнення загрози. За В.Т.Трофімовим [1], її визначають за співвідношенням площі техногенного рельєфу до площі ділянки, яка оцінюється. У випадку коли цей показник перевищує 20 % такий стан відноситься до ризикового (табл. 1). Це співвідношення у Західному Донбасі дорівнює 22 %, тобто, ступінь техногенних змін території характеризується як ризиковий.

Після визначення загального показника ймовірності негативних змін геологічного середовища можна визначити економічний ризик, що визначається за формулою, що наведена у табл. 2.

$R_m(H)$ – повний інтегральний ризик втрат; $Re(H)$ – економічний ризик пошкодження території з розміщеними об'єктами господарства; d_e – щільність національного багатства (грн./га, грн./км тощо).

В даному дослідженні пропонується визначення збитків (від видобувної діяльності) проводити на основі вартісних показників виробничих і невиробничих фондів, які пов'язані або розташовані на території ГІС-макету, що оцінюється. Найбільшим видобувним підприємством регіону є ВАТ "Павлоградвугілля", до складу якого входять 10 шахт та інші структурні підрозділи. Колектив підприємства нараховує більше 26 тис. чоловік. У 2008 році шахтами "Павлоградвугілля" видобуто понад 14,2 млн тонн вугілля, що становить 18,2 % від видобутку по країні. До складу ВАТ "Павлоградвугілля" входять виробничі структурні підрозділи, вартість виробничих фондів яких втрачено при визначенні економічних збитків.

Таблиця 1

Класифікація стану поверхні землі (рельєфу) та підземного простору [1]

Критерії оцінки	Один. виміру	Класи стану			
		Норми	Ризику	Кризи	Лихо
Відношення площі техногенного рельєфу до площі ділянки, яка оцінюється	%	До 10	10–25	25–50	< 50

Також в розрахунках бралась до уваги вартість земельного фонду, яка визначалась окремо для населених пунктів та сільськогосподарських угідь. Вартість сільськогосподарських угідь визначалась відповідно до Порядку визначення втрат сільськогосподарського та лісогосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню. Вартість земельних ресурсів в межах населених пунктів визначалась за результатами грошової оцінки.

Таблиця 2

Економічна складова природного і техногенного ризику [3]

Економічний ризик	Формула оцінки ризику	Одиниці виміру
Руйнування територій з об'єктами господарства Повний орієнтовний	$R_e(H) = R_m(H) \cdot d_e$	грн./га, грн./км, грн/(га рік)

Таким чином показник d_e включав при розрахунках вартість виробничих та невиробничих фондів ВАТ "Павлоградвугілля", вартість земельних ресурсів в межах населених пунктів, промислових об'єктів та сільськогосподарських угідь.

Вихідні дані для розрахунків були наступні: площа полігону (ГІС-макету), що досліджується складає – 9094 км²; площа об'єктів вуглепромислової діяльності ВАТ "Павлоградвугілля" – 506 км²; площа населених пунктів в межах полігону – 760 км²; площа прояву небезпечних змін геологічного середовища – 1985 км²; вартість земельних ресурсів населених пунктів – 237 грн/м²; норматив втрат с/г виробництва, які підлягають відшкодуванню, в межах Дніпропетровської області (для ріллі) – 82, 87 тис. грн./га; залишкова вартість виробничих та невиробничих фондів ВАТ "Павлоградвугілля" станом на 2009 рік – 2326200,0 тис.грн.

За наявності таких вихідних даних розраховано повний орієнтовний економічний ризик руйнування (пошкодження) господарських об'єктів який складає 46,23 тис. грн/км² рік, і за існуючими класифікаціями відноситься до малого економічного ризику (табл. 3).

Таблиця 3

Класифікаційне групування ризику [3]

	Економічний ризик (тис.грн./га рік)
малий	<2
невеликий	2–10
середній	10–20
великий	20–100
дуже великий	100–200
винятково великий	>200

Картографічні методи є основним способом синтезу, аналізу і візуалізації даних еколого-геологічного моніторингу. Цей метод дозволяє відобразити екологічний стан всіх компонентів природного середовища, враховуючи природну і техногенну складову. Картографування використовується для районування територій за окремими показниками екологічного стану та комплексними параметрами. Це найкраще та найшвидше реалізовується застосовуючи серії запитів та математики карт в ГІС середовищі.

Сучасні методи геоінформаційного тематичного картографування дозволяють вивчати територіальні закономірності, аналізувати та прогнозувати зміни природних, економічних, соціальних, екологічних та інших факторів територіального розвитку, допомагають виявленню і вивченню територіальних систем розвитку різної природи та різного масштабного рівня.

Основними методами, що використовувались при дослідженні небезпечних змін ГС були:

- комплексна бальна оцінка стану навколишнього середовища, яка проводилась по адміністративним районам в межах ГС-макету;

- картографічні методи у вигляді складання картограм (в межах ГС-макету Західного Донбасу)

При складанні картограм проводився аналіз та інтерпретація даних досліджень екологічного спрямування Інституту проблем природокористування та екології НАН України [2].

Комплексна бальна оцінка стану навколишнього середовища проведена з врахуванням наступних критеріїв та показників (її результати наведені в табл. 4):

- порушення земель (пошкодження об'єктами гірничодобувних підприємств);
- кількість надзвичайно небезпечних об'єктів;
- небезпеки техногенного та природного походження;
- забруднення поверхневих вод (показник систематичного погіршення стану поверхневих вод та підвищення концентрація забруднюючих речовин);
- забруднення підземних вод (величина мінералізації);
- гідрохімічні аномалії (підземні води);
- забруднення атмосферного повітря (питомі викиди забруднюючих речовин);
- медико-екологічна ситуація

Таблиця 4

Комплексна бальна оцінка стану навколишнього середовища в межах ГС-макету території вугледобувної діяльності Західного Донбасу

Адміністративний район (в межах ГС-макету)	Складові бальної оцінки								Сума балів	Ранг
	Порушення земель	Небезпечні об'єкти	Небезпеки техногенного та природного походження	Забруднення поверхневих вод	Забруднення підземних вод	Гідрохімічні аномалії	Забруднення атмосферного повітря	Медико-екологічна ситуація		
Павлоградський	5	2	2	5	4	1	4	3	26	I
Новомосковський	1	4	2	5	2	2	2	4	22	II
Синельниковський	2	1	5	3	4	1	2	4	22	III
Петропавлівський	4	1	2	1	4	1	3	2	18	IV
Васильківський	1	1	4	2	3	1	2	3	17	VI
Покровський	2	1	4	-	3	2	2	1	15	VII
Межівський	1	1	3	-	5	-	2	1	13	VIII
Юр'ївський	1	1	1	-	3	-	3	1	10	IX

Для створення картограм проведено ранжування за встановленою шкалою рівнів впливу: 0 – вплив відсутній; 1 – низький; 2 – середній; 3 – високий; 4 – ризиковий; 5 – катастрофічний. Сума балів дала змогу вказати ранги ступеня екологічно небезпечних зон мешкання населення та провадження господарської діяльності.

За результатами бальної оцінки було проведено районування території за ступенем ураженості та екологічно небезпечними зонами мешкання населення та провадження господарської діяльності по адміністративним областях в межах ГС-макету Західного Донбасу (рис. 1).

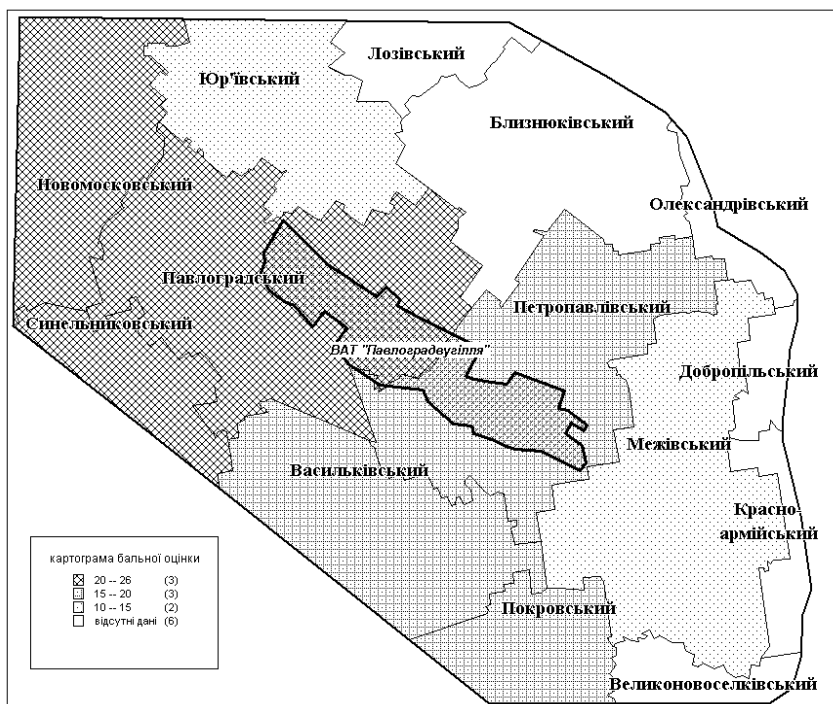


Рис. 1. Картограма ГС-макету території вугледобувної діяльності Західного Донбасу

Отже, геоінформаційне тематичне картографування дозволяє проводити аналіз та візуалізацію кількісних та якісних характеристик екологічного стану видобувних територій із визначенням впливу техногенної складової.

Висновки. Таким чином, розраховано показник загального ризику небезпечних змін геологічного середовища, який в межах ГІС-макету Західного Донбасу дорівнює $1,7 \cdot 10^{-3}$ і за існуючими класифікаціями відноситься до небезпечних. Узагальнюючими показниками, що характеризують рівень техногенного навантаження в регіоні є площі промислових об'єктів вуглевидобутку, які складають 5,56 % від площі ГІС-макету та площа проявів небезпечних екзогенних процесів техногенного та природного походження, яка в Західному Донбасі дорівнює 22 %, тобто, ступінь техногенних змін території характеризується як ризиковий. Цей комплексний показник ризику можна використати і для визначення економічних збитків, які оцінюються з врахуванням вартості основних фондів добувального підприємства. Повний орієнтовний економічний ризик дорівнює 46,23 тис. грн/км² рік і за існуючими класифікаціями відноситься до малого економічного ризику, що пояснюється не повним врахуванням економічної складової (за відсутністю даних не брались до уваги при розрахунках – вартості об'єктів житлово-комунального господарства, водних об'єктів тощо).

За бальною оцінкою можна зробити такі висновки: мінімальна сума балів комплексної оцінки характерна для районів Юр'ївського, Межівського, не зважаючи на те, що тут спостерігається дуже великий ступінь забруднення підземних вод та атмосферного повітря; Павлоградський, Новомосковський та Синельниковський характеризується максимальними комплексними показниками, при тому що складові аналізу змінюються від мінімальних до максимальних значень по кожному прояву небезпеки; Павлоградський та Петропавлівський відзначається масштабним порушенням земель, а Синельниковський – наявністю найбільших небезпек техногенного та природного походження.

Створення картограми ГІС-макету території вугледобувної діяльності Західного Донбасу дозволило виділити за комплексною оцінкою екологічно небезпечні зони мешкання населення та провадження господарської діяльності. За результатами бальної оцінки та ранжування такими територіями в межах макету виявились Павлоградський, Новомосковський та Синельниковський адміністративні райони Дніпровської області.

1. Екологічна геологія. Підручник / за ред. Коржнева М.М. – К., 2005.
2. Екологічний атлас Дніпропетровської області / за редакцією Шапара А.Г. – Дніпропетровськ: Моноліт, 2009. – 64 с. 3. Трофимов В.Т. и др. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т.Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.

Надійшла до редколегії 01.12.11

УДК 556.332.52

Л. Давибида, асп.

ДОВГОСТРОКОВИЙ РЕГІОНАЛЬНИЙ ПРОГНОЗ І КАРТУВАННЯ ПРИРОДНОГО РЕЖИМУ РІВНІВ ҐРУНТОВИХ ВОД (НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЙ ОКРЕМИХ АДМІНІСТРАТИВНИХ ОБЛАСТЕЙ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.Є. Кошляковим)

Наведено методику довгострокового регіонального часового прогнозування природного гідрогеодинамічного режиму. Представлено результати реалізації запропонованого алгоритму для територій із різними умовами формування рівневого режиму. У межах досліджуваних регіонів виділено ділянки з однорідним режимом багаторічної мінливості рівнів ґрунтових вод. Встановлено найбільш імовірні періоди підвищеної водності та побудовано відповідні картографічні моделі прогнозовної забезпеченості рівнів.

The method of long-time regional forecasting natural hidrogeodynamic regime are given. The results of the proposed algorithm are presented for areas with different conditions of formation of level regime. Areas of homogeneous multi-mode variability of groundwater levels are selected within the studied regions. The most likely periods of high water content are determined and the corresponding mapping model predictive sufficiency levels are built.

Для території України необхідність забезпечення чистими водними ресурсами, а також взаємозв'язок багаторічного режиму підземних вод і розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів (ЕГП), зокрема підтоплення, зсувів, карсту, селів, зумовлюють актуальність гідрогеологічного моніторингу, оцінювання і подальшого прогнозування стану підземних вод, перш за все – ґрунтових, оскільки вони найтісніше пов'язані із зовнішніми поверхневими чинниками формування живлення та розвантаження підземних вод і є найперспективнішими для господарського використання. На регіональному рівні особлива увага приділяється вивченню природного або слабо порушеного гідрогеодинамічного режиму, на фоні якого відбувається формування порушеного режиму конкретних територій і об'єктів.

Важливість вказаних проблем зумовлює значну зацікавленість з боку численних дослідників. Особливо слід відмітити наукові та практичні дослідження, виконані протягом Міжнародного гідрогеологічного десятиріччя (1964-1974 рр.), у першу чергу – праці А.А. Коноплянцев, С.М. Семенова, В.С. Ковалевського [2; 3], які слід вважати фундаментальними в питанні вивчення, прогнозування і картування природного гідрогеодинамічного режиму.

В останні десятиліття як в Україні, так і за її межами, увага до зазначених проблем зростає на фоні нестачі ре-

сурсів якісних питних вод, глобальних змін клімату і значної активізації ЕГП, про що свідчить велика кількість публікацій, серед яких слід відзначити роботи наступних вітчизняних та зарубіжних науковців: Є.О. Яковлева [10], В.М. Шестопалова, Г.Г. Лютого, П.В. Білінова [9], М.А. Шинкаревського, С.А. Рубана [7], О.Є. Кошлякова [4], Л.В. Саричевої [6], М. Kabir, G. Mudd [1] та ін.

Незважаючи на значну кількість науково-дослідних фундаментальних і прикладних гідрогеологічних робіт. ряд питань лишається невирішеними, зокрема науково обґрунтованої системи довгострокового регіонального прогнозування природного режиму рівнів ґрунтових вод на сьогодні не існує.

Метою представленого дослідження є реалізація довгострокового (до 10-15 років) часового прогнозу природного режиму підземних вод у часі та просторі відповідно до закономірностей режимоутворювальних чинників для окремих регіонів України.

Для дослідження обрано території Житомирської і Дніпропетровської адміністративних областей. Розглянуті регіони відрізняються умовами формування гідрогеодинамічного режиму й особливостями мінливості часових режимоутворювальних чинників, рівнями техногенного навантаження на довкілля й об'ємами споживання ресурсів питних підземних вод, типами небезпечних ЕГП та інтенсивністю їх прояву, а також схильністю до підтоплення [8].

Оскільки гідрогеодинамічний режим є багатовимірним процесом, його слід розглядати у якості складної, динамічної в просторі і часі системи, ефективно вивчення та прогнозування стану якої можливі лише при використанні сучасних геоінформаційних технологій.

Запропонований методичний шлях досліджень, побудований на базі універсального алгоритму прогнозування екзогенних геологічних процесів, запропонованого

Е.Д. Кузьменком [5], із урахуванням сучасних уявлень про механізм формування гідрогеодинамічного режиму як природно-історичного процесу циклічної мінливості рівнів підземних вод у часі і в межах визначеного простору, що відбувається під впливом сукупності певних взаємодіючих постійно змінних природних факторів. Алгоритм полягає у послідовній реалізації дій, що зображені на рис. 1.

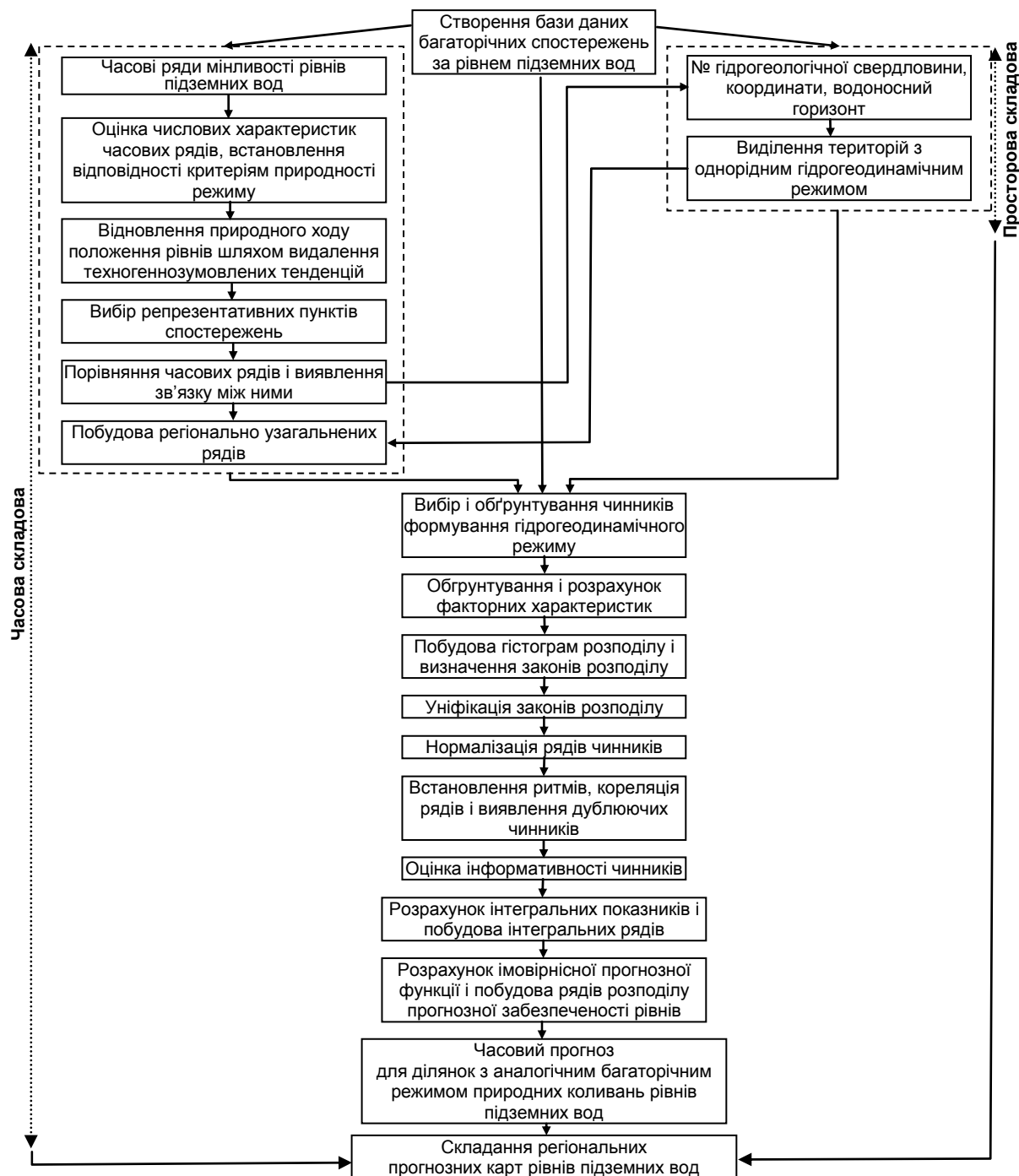


Рис. 1. Алгоритм дослідження і прогнозування багаторічних закономірностей природного гідрогеодинамічного режиму

Відомості про склад мережі гідрогеологічного моніторингу, результати спостережень за рівнями ґрунтових вод досліджуваних територій були зведені в бази просторових і атрибутивних даних. Важливим етапом є аналіз відповідності багаторічної динаміки рівнів у конкретних спостережних пунктах існуючим критеріям природності режиму [7]. Це завдання вирішене шляхом оцінювання однорідності вихідних даних та значимості невідповідних тенденцій у часових рядах середньорічних

рівнів ґрунтових вод за допомогою статистичних критеріїв Вілкоксона і Фостера-Стюарта.

Відхилення від критеріїв природності було виявлено як для динаміки середньорічних рівнів у спостережних пунктах Дніпропетровської області, яка характеризується значним техногенним навантаженням і антропогеннозумовленими змінами геологічного середовища, так і для багаторічної мінливості рівнів гідрогеологічних свердловин території Житомирської області, гідрогеодинамічний ре-

жим якої формується здебільшого у непорушених умовах. На нашу думку, такі тенденції спричинені зарегульованістю стоку поверхневих вод Східного Полісся, меліоративними заходами. Для окремих пунктів природний хід положення рівнів ґрунтових вод було відновлено шляхом видалення із досліджуваних часових рядів техногеннообумовлених трендів. Проведений аналіз дозволив вибрати в якості репрезентативних для вивчення природного гідрогеодинамічного режиму Житомирської області 8, а Дніпропетровської області – 12 свердловин.

Оцінка синхронності мінливості рівнів у відібраних спостережних пунктах дала змогу виділити для території Житомирської області 3, для Дніпропетровської області – 6 районів із однорідним багаторічним режимом. Ділянки, де слід очікувати однозначних змін положень рівня ґрунтових вод, в основному узгоджуються із кліматичною зональністю, геоморфологічними особливостями регіонів, не суперечать існуючим схемам гідрогеологічного районування території України за структурно-гідрогеологічним і водообмінним принципами і можуть слугувати для їх подальшої деталізації та уточнення з використанням сучасних геоінформаційних технологій та методів математико-картографічного моделювання.

Для виділених районів розраховані регіонально узагальнені часові ряди середньорічних рівнів ґрунтових вод, що є основою для подальшого прогнозування.

У якості режимоутворювальних чинників, відповідно до існуючих уявлень про формування гідрогеодинамічного режиму обрано метеорологічні (температура повітря, кількість опадів), гідрологічні (середньорічні витрати води), геологічні (сумарна енергія землетрусів найближчої сейсмоактивної зони) і кос-

мічні (сонячна активність) чинники. Для всіх розглянутих часових рядів рівнів ґрунтових вод і чинників, що обумовлюють їх мінливість, характерними є цикли тривалістю 3–4, 7–8, 9–11, 20–22 роки.

Подальший аналіз рядів і екстраполяція виявлених тенденцій багаторічного ходу рівнів ґрунтових вод території дослідження на перспективу здійснені відповідно до схеми методики досліджень (рис. 1).

Результатом дослідження є наступні прогнози гідрогеодинамічного режиму.

Для території Дніпропетровської області після 2010–2011 рр., які характеризувалися достатньо значними глибинами залягання ґрунтових вод (на 20–40 % нижче від багаторічної норми) на території всіх виділених гідрогеологічних районів, у 2012–2014 рр. спостерігатиметься поступовий підйом рівнів до значень 10–40 % забезпеченості для різних районів. У 2015–2017 рр. передбачається деяке зниження (на 10–30 % забезпеченості) рівнів ґрунтових вод для території всього регіону.

Для ґрунтових вод Житомирської області після періоду підвищеної водності у 2008–2011 рр. (рівні 10–30 % забезпеченості) спостерігатиметься збільшення глибини залягання рівнів до значень багаторічної норми і нижче протягом 2012–2014 рр. Наступний максимум (рівні 30–40 % забезпеченості) очікується у 2016–2017 рр. Аномальною мінливістю рівнів ґрунтових вод по відношенню до інших районів області характеризуються її північно-західні території, що пов'язано насамперед із деякими відмінностями режимів зволоження. Тут після 2010 р. із глибинами залягання ґрунтових вод на 20–30 % нижче норми очікується підйом рівня і тривалий період підвищеної водності (рівні 10–20 % забезпеченості) у 2012–2016 рр.

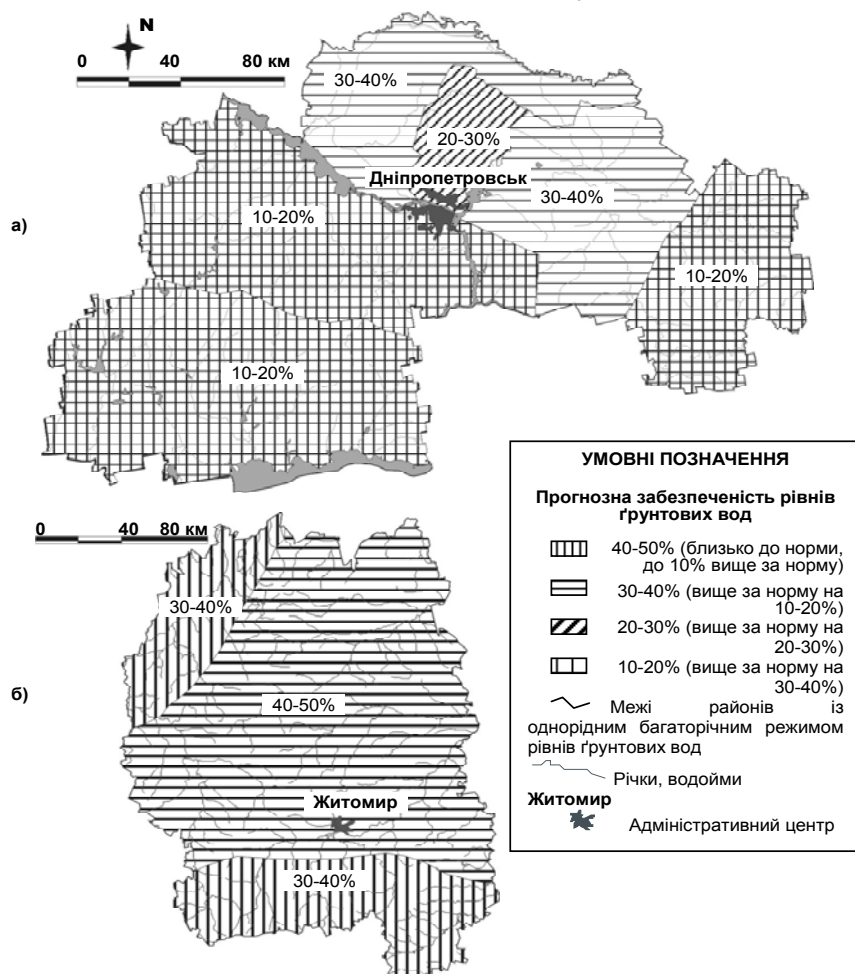


Рис. 2. Прогностичні ймовірнісні моделі рівнів ґрунтових вод досліджуваних регіонів (а – Дніпропетровська область (2014 р.), б – Житомирська область (2017 р.))

Заключним етапом дослідження є візуалізація результатів прогнозування, зокрема за допомогою побудови серій рангових картограм. У якості прикладу на рис. 2 наведено прогностичні моделі досліджуваних територій, складені для років максимальної на прогностичний період водності з використанням інструментальної ГІС Mapinfo Professional. Результати проведених досліджень свідчать про деяку асинхронність гідрогеодинамічного режиму розглянутих регіонів і запізнення зміни положення рівнів ґрунтових вод більш південної Дніпропетровської області по відношенню до їх мінливості на території Житомирщини.

Перевірку адекватності отриманих прогностичних моделей здійснено шляхом порівняння епігностичних значень із фактичними даними режимних спостережень. Відповідно до існуючих критеріїв якості та надійності гідрогеологічного прогнозування [2; 3; 7], запропонована методика прогнозу зміни рівнів ґрунтових вод з використанням інтегрального показника для різних гідрогеологічних районів може бути оцінена як "задовільна" і "добра", що є допустимим для складання довгострокових прогнозів.

Проведені дослідження є основою для створення автоматизованої аналітичної ГІС довгострокового прогнозування режиму рівнів підземних вод території України, впровадження якої дозволить систематизувати, зберігати існуючу інформацію та здійснювати її обробку відповідно до встановленого алгоритму, що в свою чергу дасть змогу зменшити обсяги польових гідрогеологічних спостережень, скоротити терміни виконання камеральної обробки даних моніторингу рівнів підземних вод і підвищити достовірність довгострокових гідрогеологічних прогнозів.

Розроблена методика довгострокового прогнозування режиму рівнів підземних вод і створена на її основі ГІС дозволять оперативно оцінювати ймовірність розвитку процесів підтоплення і створення сприятливих умов для активізації небезпечних ЕГП для заданої те-

риторії, що дасть змогу здійснювати ефективне управління регіоном.

Основні результати дослідження наступні:

1. Запропоновано універсальний алгоритм довгострокового регіонального прогнозування природного режиму підземних вод і проведено його апробацію на прикладі ґрунтових вод територій Житомирської та Дніпропетровської адміністративних областей.

2. Визначено забезпеченість середньорічного рівня підземних вод за допомогою імовірнісного інтегрального показника, який враховує сукупний вплив динамічних режимоутворювальних факторів для певної місцевості.

3. Встановлено закономірності формування гідрогеодинамічного режиму, які є основою для створення системи регіонального довгострокового прогнозування рівнів підземних вод, що і є перспективою подальших робіт у даному напрямку.

1. Kabir M., Hamza K., Mudd G. Groundwater-Climate Relationships, Ranger Uranium Mine, Australia: Time Series Statistical Analyses // Uranium, Mining and Hydrogeology: Math. of 5th International Conference, Freiberg, 2008. – F., 2008. 2. Ковалевський В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод. – М., 1976. 3. Коноплянец А.А., Семенов С.М. Прогноз и картирование режима грунтовых вод / За ред. А.А. Коноплянцева. – М., 1974. 4. Кошляков Е. Застосування геоінформаційного підходу при вивченні динаміки ґрунтових вод на території міст // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – 2009. 5. Кузьменко Э. Универсальный алгоритм прогнозирования экзогенных геологических процессов // Мониторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. VIII Міжнар. наук. конф., Київ, 2007. – К., 2007. 6. Логинов О., Сарычева Л. Прогнозирование уровня грунтовых вод с применением клеточных автоматов // УСИМ. – 2009. – № 1. – С. 86-92. 7. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. / За ред. М.А. Шинкаревського – К., 2005. 8. Сучасні інженерно-геологічні умови України як складова безпеки життєдіяльності / Л.М. Климчук, П.В. Блінов, В.Ф. Величко та ін.; за ред. В.М. Шестопалова. – К., 2008. 9. Сучасні принципи гідрогеологічного районування / В.М. Шестопалов, П.В. Блінов, Г.Г. Лютий та ін. // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2010. – № 3-4. 10. Яковлев С. Нові питання регіональної переоцінки та охорони прісних підземних вод України як чинника стратегічної безпеки питного водопостачання // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2009. – № 3. – С. 30-36.

Надійшла до редколегії 15.02.12

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 550.834.042; 551.21.3; 539.375; 552.53-552.2

Г. Продайвода, д-р фіз.-мат. наук, проф., С. Вижва, д-р геол. наук, проф., Ю. Онанко, асп., А. Онанко, канд. фіз.-мат. наук

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ ШВИДКОСТЕЙ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ В ПОРОДАХ-КОЛЕКТОРАХ ІНВАРІАНТНО-ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

Запропонована автоматизована система чисельного аналізу і візуалізації даних ультразвукових вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних квазіповздовжньої, "швидкої" і "повільної" квазіпоперечних хвиль в породах-колекторах інваріантно-поляризаційним методом. Одержані пружні постійні пісковиків Волино – Подільського регіону, пружна симетрія яких ромбічна.

The automated system is created for numerical analysis and visualization of ultrasonic measurements of velocities anisotropy parameters of elastic quasiprimary, "rapid" and "slow" quasisecundary waves in rock-reservoirs by invariant-polarize method. The sandstones elastic constants of Volino – Podil'skiy region are got, the elastic symmetry of which is rhombic.

Вступ. У роботі запропонована автоматизована система чисельного аналізу і візуалізації даних ультразвукових (УЗ) вимірювань параметрів анізотропії фазових швидкостей пружних квазіповздовжньої $V_{\parallel}$, "повільної" $V_{\perp 2}$ і "швидкої" $V_{\perp 1}$ квазіпоперечних хвиль порід-колекторів. Анізотропія швидкостей V пружних хвиль гірських порід розглядається як один із найбільш інформативних параметрів геодинамічних процесів, що відбувається в надрах Землі. Розповсюдження УЗ пружних хвиль $V_{\parallel}$, $V_{\perp 2}$ і $V_{\perp 1}$ в гірських породах супроводжується

розсіюванням і поглинанням $\alpha(f)$, яке залежить від частоти f і спричиняє спотворення акустичних імпульсів внаслідок скінченної ширини їх спектру та ускладнює вимірювання фазових швидкостей пружних хвиль $V_{\parallel}$, $V_{\perp 2}$ і $V_{\perp 1}$ [1-5]. Інтенсивний динамотермальний метаморфізм, що накладався на породи, призводив до структурно-механічного перетворення їх при різних рівнях тисків P та температур T в анізотропних полях напружень σ_i . Ці перетворення мали свій відбиток у структурно-текстурних особливостях порід. Планыальна структу-

ра означає, що породи в момент свого утворення перебували в умовах літостатичного тиску.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Мала тривалість генеруючого і високий передній фронт збудженого імпульсу створює гарні передумови використання вимірювань параметрів анізотропії фазових швидкостей пружних квазіповздовжньої $V_{||}$, "повільної" $V_{\perp 2}$ і "швидкої" $V_{\perp 1}$ квазіпоперечних хвиль для дослідження зразків гірських порід. Гірські породи мають широкий діапазон структурно-текстурних ознак, високі дисперсії пружних коливань, тріщинуватості і пористості [4-7, 10-17, 19-22]. Корисним методом використання вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль V стає при вивченні змін тріщинуватості і пористості порід-колекторів, оскільки генерація тріщин супроводжується зменшенням $V_{||}$, $V_{\perp 1}$ і поглинанням енергії U внаслідок росту тріщин l_{tr} і відповідної зміни структури геологічного середовища в околиці берегів тріщин при різних величинах флюїдного потенціалу середовища. Відомо, що різке затухання α поперечних хвиль відбувається при сумісному впливі підвищених температур T , диференціальних напруг σ_i і води. Жоден фактор окремо не викликає розкриття міжзернових границь [4]. Тому аналіз затухання пружних хвиль α може стати в нагоді при дослідженні пружних, термальних і фізико-хімічних чинників тріщиноутворення порід-колекторів [8; 9, 18].

Задачі досліджень. Використання чутливого методу використання вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль V дає змогу встановити основні риси розвитку тріщиноутворення в умовах напру-

женно-деформованого стану гірських порід. Тому задачею цього дослідження є показ ефективності застосування методу використання вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль V з точки зору встановлення основних генетичних типів тріщинуватості, динаміки їх утворення. Ці характеристики несуть інформацію про історію формування породи-колектору.

Методика досліджень. Із штуфів керна на каменерізному станку були виготовлені зразки у вигляді кубомбододаєдрів, розміром $L = 30 \times 30 \times 30$ мм³. Забезпечувалася паралельність відповідних пар граней не гірше ± 0.015 мм. Орієнтація напрямків вимірів – з точністю $\alpha = \pm 1.5^\circ$. Стандартними петрофізичними методами визначалися щільність і ефективна пористість зразків пісковиків. Фазові швидкості об'ємних пружних хвиль одержані за допомогою імпульсної установки для ультразвукових вимірювань швидкостей на частоті $f = 1.67$ МГц. Як п'єзовипромінювач і приймач повздовжніх і поперечних мод використовувалася п'єзокварц відповідної поляризації. Точність визначення фазових швидкостей повздовжніх та поперечних мод $\Delta V/V = 0.5\%$.

Геолого-петрографічна характеристика зразків порід-колекторів. Для експериментального дослідження пружних постійних C_{ijkl} були відібрані зразки порід-колекторів із різних структурних зон Волино – Подільського регіону: Володимирівської, Великомошівської, Сокальської і Сушнівської площ. У результаті петрографічних досліджень встановлено їх літологічний склад, вік, структурно-текстурні особливості, характер цементу, які представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних зразків гірських порід Волино – Подільського регіону					
№ п/п	№ зразка	№ свердловини	Інтервал відбору керна, м	Літологія	Вік
1	Вл-27	Володимирська, 1	2210-2219	вапняк	Є
2	Вл-31	Володимирська, 1	2263-2268	вапняк	Є
3	Вм-27	Великомостівська, 32	2170-2178	вапняк	Д
4	Со-20	Сокальська, 1	3484-3506	пісковик	Є
5	Су-18	Сушнівська, 1	2545-2550	пісковик	Є
6	Су-19	Сушнівська, 1	2500-2502	пісковик	Є

Результати досліджень та їх обговорення. Результати вимірів оброблялися за допомогою автоматизованої системи чисельного аналізу і візуалізації даних УЗ вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль порід-колекторів, опис якої наведе-

дено нижче. На рис. 1 представлено принципову схему алгоритму роботи автоматизованої системи чисельного аналізу і візуалізації даних УЗ вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль $V_{||}$, $V_{\perp 2}$ і $V_{\perp 1}$ порід-колекторів.

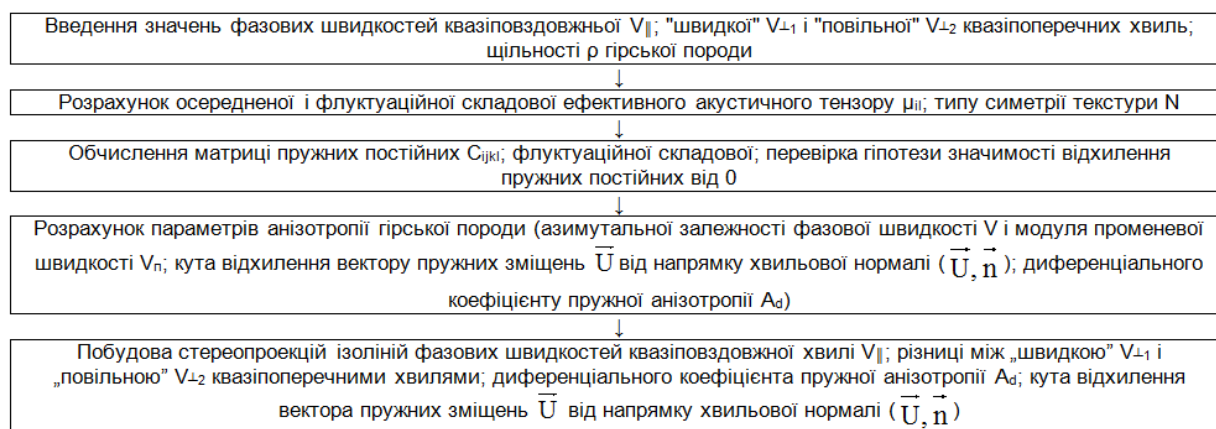


Рис. 1. Принципова схема алгоритму роботи автоматизованої системи чисельного аналізу і візуалізації даних ультразвукових вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль $V_{||}$, $V_{\perp 1}$, $V_{\perp 2}$ порід-колекторів

Швидкості пружних хвиль $V_{||}$, $V_{\perp 1}$ і $V_{\perp 2}$, акустичні константи $\mu_{||}$ і пружні постійні C_{ijkl} пісковиків змінюються в широких межах. Це зв'язано з варіаціями їх літологічного складу і складом цементу, наявністю пор і мікротріщин. Вичерпну оцінку анізотропії можна одержати

лише при визначенні повного набору тензорних матриць акустичних і пружних постійних, які забезпечують надійні оцінки акустичної і пружної симетрії середовищ та параметрів анізотропії пружних хвиль. Для вирішення цих задач були залучені урівноважені значення фазо-

вих швидкостей пружних хвиль гірських порід. Результати чисельних розрахунків власних значень і власних напрямків акустичного тензора $\mu_{ij} = C_{ijij}/\rho$, а також значення інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії A_μ і параметрів акустичної лінійності L_μ та сланцюватості S_μ для зразків порід Волино – Подільського регіону представлені в таблиці 1. З аналізу результатів випли-

ває, що застосування операції урівноваження до виміряних значень фазових швидкостей V пружних хвиль дозволило істотно згладити вплив флуктуаційної складової. Це підтверджується досить вузькими, за винятком одиничних випадків, довірчими границями обчислених власних значень регулярної складової акустичного тензора μ_{ij} в табл. 2.

Таблиця 2

Власні значення детермінованої складової акустичного тензора і їх довірчі границі $\langle \mu_{ij} \rangle \pm \Delta$ при 5 %

рівні значущості – у чисельнику та їх власні напрямки – у знаменнику зразків гірських порід Волино-Подільського регіону

Номери зразків	$\frac{\langle \mu_{11} \rangle \pm \Delta}{l^{(1)}, m^{(1)}, n^{(1)}}$ (км/с) ²	$\frac{\langle \mu_{22} \rangle \pm \Delta}{l^{(2)}, m^{(2)}, n^{(2)}}$ (км/с) ²	$\frac{\langle \mu_{33} \rangle \pm \Delta}{l^{(3)}, m^{(3)}, n^{(3)}}$ (км/с) ²	Інтегральний коефіцієнт акустичної анізотропії, A_μ , %	Симетрія акустичного тензора	Параметр акустичної лінійності L_μ	Параметр акустичної сланцюватості S_μ
Вл-27	31,681±0,0164 0,530; 0,842; -0,097	30,575±0,0164 -0,844; 0,535; 0,036	27,165±0,0148 0,082; 0,063; 0,995	6,43	планальна mmm	1,036	1,126
Вл-31	36,623±0,3103 -0,107; -0,147; -0,983	32,679±0,3069 -0,993; 0,062; 0,099	22,254±0,3090 0,046; 0,987; -0,153	19,48	планальна mmm	1,121	1,468
Вм-27	52,236±0,0565 -0,178; 0,984; 0,029	49,310±0,0634 -0,701; -0,106; -0,706	46,152±0,0635 -0,691; -0,146; 0,708	5,04	планальна mmm	1,059	1,068
Со-20	39,917±0,0303 0,946; -0,322; 0,027	35,331±0,0311 0,318; 0,914; -0,253	34,796±0,0297 0,056; 0,248; 0,967	6,25	аксіальна mmm	1,130	1,015
Су-18	30,469±0,0682 0,755; 0,609; 0,245	28,822±0,0686 -0,656; 0,704; 0,271	24,208±0,0633 -0,007; -0,365; 0,931	9,48	планальна mmm	1,057	1,191
Су-19	31,428±0,1038 0,729; 0,684; 0,020	28,739±0,1042 -0,681; 0,723; 0,121	25,583±0,0919 0,068; -0,102; 0,992	8,33	планальна mmm	1,094	1,123

Залежність акустичної лінійності L_μ від акустичної сланцюватості S_μ текстур досліджуваних зразків гірських порід характеризує ступінь упорядкованості елементів текстури породи вздовж окремих напрямків (лінійна орієнтація, тобто акустична лінійність) або вздовж площин (шаруватість, сланцюватість, тобто акустична сланцюватість). На діаграмі акустичного еліпсоїду по мірі віддалення точок від початку координат збільшується і акустична анізотропія. Згідно з даними математичного моделювання, це вказує і про більш високий ступінь упорядкованості структурних елементів текстури породи. Пряма на акустичній діаграмі, що проведена під кутом 45° до координатних осей, поділяє області планальних і аксіальних симетрії текстур, тобто, розрізняє текстури з переважно сланцюватим і лінійним структурним мотивами. В тому випадку, коли точки розташовуються на відповідних координатних осях L_μ або S_μ , їх відносять до поперечно-ізотропної пружної симетрії, відповідно, аксіальної або планальної.

За графіками залежності $L_\mu = f(S_\mu)$ було проведено розмежування на аксіальні (лінійні) та планальні (сланцюваті) текстури. Точки, що розташовані вище означеної прямої, відповідають аксіальним (лінійним) текстурам, а ті, що лежать нижче прямої – планальним або акустично-сланцюватим текстурам. Жодне із значень параметрів L_μ і S_μ не лягає на координатні вісі, хоча параметри акустичного еліпсоїду деяких текстур і мають невеликі відхилення від координатних осей. Це свідчить про відсутність текстур поперечно – ізотропної симетрії. Разом з тим більша частина текстур досліджуваних порід мають шаруватий структурний мотив (планальні текстури), а менша частина – лінійний структурний мотив (аксіальна текстура). Пружна симетрія досліджуваних текстур осадових порід не вища за ромбічну.

Проведений аналіз параметрів акустичної анізотропії основних петротипів осадових порід, що представляють Волино – Подільський регіон : пісковиків, вапняків. За його результатами встановлено:

- інтегральний коефіцієнт акустичної анізотропії пісковиків змінюється 6,25 % < A_μ < 19,48 % складаючи в середньому $A_\mu \approx 9,99$ %;

- інтегральний коефіцієнт акустичної анізотропії вапняку складає $A_\mu \approx 5,04$ %.

За цими даними встановлено, що досліджені зразки осадових порід Волино-Подільського регіону характеризуються середніми та високими значеннями інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії A_μ . Класифікацію текстур на вищу, середню і нижню категорії було здійснено за симетрією акустичного тензора μ_{ij} з урахуванням довірчих меж знайдених власних значень (таблиця 1):

- сферична симетрія (∞/∞ mmm), якщо виконується рівність $\langle \mu_{11} \rangle = \langle \mu_{22} \rangle = \langle \mu_{33} \rangle$;

- поперечно-ізотропна симетрія (∞ /mmm), якщо виконується умова $\langle \mu_{11} \rangle \neq \langle \mu_{22} \rangle = \langle \mu_{33} \rangle$; або $\langle \mu_{11} \rangle = \langle \mu_{22} \rangle \neq \langle \mu_{33} \rangle$; або $\langle \mu_{11} \rangle \neq \langle \mu_{33} \rangle = \langle \mu_{22} \rangle$;

- ромбічна симетрія (mmm), якщо виконується умова $\langle \mu_{11} \rangle \neq \langle \mu_{22} \rangle \neq \langle \mu_{33} \rangle$.

Досліджувані текстури порід-колекторів по співвідношенню власних значень акустичного тензора μ_{33} можна віднести до ромбічної симетрії ($\langle \mu_{11} \rangle \neq \langle \mu_{22} \rangle \neq \langle \mu_{33} \rangle$). Цей висновок підтверджено аналізом параметрів акустичного еліпсоїду, а саме акустичної лінійності $L_\mu = \mu_g/\mu_m$ і акустичної сланцюватості $S_\mu = \mu_m/\mu_p$, де μ_g , μ_m , μ_p – відповідно найбільше, проміжне і найменше власні значення акустичного тензора. З метою оцінки пружної симетрії текстур та параметрів азимутальної пружної симетрії осадових порід Волино – Подільського регіону з урівноважених значень фазових швидкостей ізонормальних хвиль (квазіповздовжної і "швидкої" та "повільної" квазіпоперечних хвиль) було проведено обчислення регулярної складової $\langle C_{mn} \rangle$ ефективного тензора їх пружних постійних. В деяких випадках значення пружних постійних в ромбічному наближенні з урахуванням флуктуаційної складової незначно відрізняються від нуля, але нехтування ними призводило до істотних неузгоджень між урівноваженими значеннями фазових швидкостей і пружними постійними C_{mn} .

Аналіз матриці ефективних пружних постійних C_{mn} показав, що пружна симетрія текстур осадових порід Волино-Подільського регіону не вище ромбічної. Пруж-

них текстур вищих порядків виявлено не було. Для зразків осадових порід Волино-Подільського регіону встановлено, що ромбічне наближення найкраще узгоджується з експериментальними даними. У пісковиках коефіцієнти пружної і акустичної анізотропії змінюються в широких межах. Показано, що для них також характерні явища акустичного двопронезаломлення, поляризаційні ефекти і сингулярна поведінка векторів пружних зміщень навколо акустичних осей, які не збігаються з напрямками осей симетрії текстур. Експериментально встановлено, що більшість досліджуваних зразків є пружноанізотропними. Особливо суттєвий вплив на величину інтегрального коефіцієнта пружної анізотропії A_d робить просторовий збіг напрямків орієнтації структурних елементів. Перш за все, кристалографічної орієнтації і орієнтації зерен по формі разом з орієнтацією мікротріщин. Експериментальні дослідження гірських порід УЗ методами показують, що анізотропія пружних хвиль обумовлена впливом кристалографічної орієнтації мінералів, формою зерен орієнтованих мінералів, орієнтацією мікротріщин. За характером орієнтації структурних елементів текстури гірських порід можна розділити на три групи: однонаправлені, різнонаправлені в одній площині, просторово-орієнтовані.

Найбільш інформативним параметром анізотропії є диференційний коефіцієнт пружної анізотропії A_d , величина якого характеризує відхилення текстури гірської породи від найближчої до нього ізотропного середовища. За допомогою цього коефіцієнта можна порівняти анізотропію пружних середовищ різної симетрії. Величина коефіцієнта поперечно – ізотропної пружної анізотропії характеризує ступінь відхилення текстур ромбіч-

ної симетрії від найближчого до них за пружними властивостями поперечно – ізотропного середовища.

Анізотропія пружних хвиль у кристалах проявляється не тільки в азимутальній залежності фазових V і променевих швидкостей V_n , але і у відхиленні векторів пружних зміщень $\vec{U}$ від напрямку хвильової нормалі $(\vec{U}, \vec{n})$, в явищі акустичного подвійного променезаломлення і внутрішньої конічної рефракції, сингулярній поведінці векторів пружних зміщень в околі акустичних осей. Ці властивості досліджені для високосиметричних кристалів. Використання стереопроєкцій дозволило представити характер анізотропії пружних хвиль повністю, а не в окремих перетинах координатними площинами. На вказівні поверхні параметрів анізотропії пружних хвиль впливає тип симетрії кристалу.

Стереопроєкції параметрів пружної анізотропії були розраховані для досліджуваних зразків порід-колекторів Волино-Подільського регіону і представлені на рис. 2. Пружна симетрія середовища накладає досить жорсткі обмеження на характер азимутальної залежності параметрів анізотропії пружних хвиль. За власними значеннями акустичного тензору μ_i обчислена величина інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії A_d , яка змінюється по стволам свердловин в досить широких межах. Так в інтервалі глибин $H = 2100 \div 3500$ м величина інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії змінюється $5,04 \% < A_d < 19,48 \%$. Досліджені зразки Волино – Подільського регіону характеризуються середнім та високим значеннями інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії $5 \% < A_d < 20 \%$. На рис. 2 представлено стереопроєкції різниці поперечних швидкостей $\Delta V_{\perp}$ (ізолінії – в км/с).

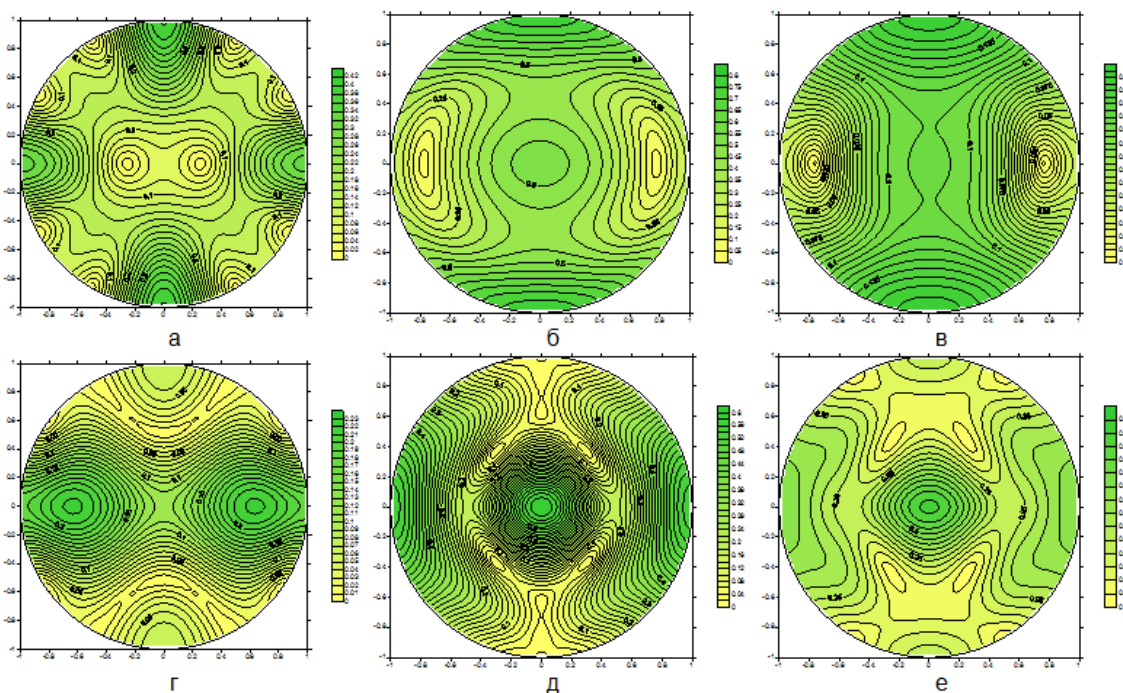


Рис. 2. Стереопроєкції різниці поперечних швидкостей $\Delta V_{\perp}$ (ізолінії – в км/с):

а) Вл-27; б) Вл-31; в) Вм-27; г) Со-20; д) Су-18; е) Су-19

Експериментально встановлено, що більшість досліджуваних зразків є пружноанізотропними. Величина коефіцієнта пружної анізотропії змінюється від 5,04 до 19,48 %. Особливо суттєвий вплив на величину коефіцієнта пружної анізотропії робить просторовий збіг напрямків орієнтації структурних елементів. Перш за все, кристалографічної орієнтації і орієнтації зерен по формі разом з орієнтацією мікротріщин.

Проведений аналіз параметрів пружної анізотропії зразків осадових порід Волино-Подільського регіону по-

казав, що ромбічне наближення забезпечило максимальне узгодження експериментальних і розрахункових даних. Узагальнений аналіз результатів ефективних пружних постійних і параметрів анізотропії об'ємних пружних хвиль дозволяє стверджувати, що пружна симетрія текстур осадових порід Волино-Подільського регіону не вище за ромбічну. Отже, ромбічне наближення при визначенні параметрів пружної анізотропії зразків осадових порід Волино-Подільського регіону виявилось оптимальним. Отримані результати співставляються з величиною

відносного середнього акустичного коефіцієнта анізотропії A_d , визначеного з власних значень регулярної складової акустичного тензора μ_{ij} з табл. 2.

Анізотропія досліджуваних порід-колекторів обумовлена текстурними особливостями, впорядкованістю структурно-морфологічного парагенезису, який проявляється у смугастості і лінійності, що пов'язана зі сплосчено-лінзовидним розвитком смугастості і сланцюватості, орієнтуванням шарнірів і осевих площин лінійних складок, та зв'язаними з ними орієнтуваннями мінералів за формою і будовою. Ця анізотропія ускладнюється накладеною упорядкованою мікротріщинуватістю, яка викликана сучасним станом гірських порід. Пружна анізотропія відображає історію деформації осадових порід. Досліджувані зразки деформованих осадових порід мають виражену впорядкованість будови, яка призводить до ще більш вираженої анізотропії пружних хвиль. Анізотропія і впорядкованість структурних елементів осадових порід – взаємопов'язані фундаментальні властивості, що відображають деформаційні процеси їх формування і перетворення. В умовах незворотних деформацій є вплив флюїдонасичення проявляється у формі диференціально-пружних ефектів, які обумовлюються як кристалічною будовою, так і типом міжфазового зв'язку, температурою T , тиском P та іншими параметрами. На відміну від магматичних порід [4] для пісковиків більш характерним є наявність дворівневої ієрархії тріщин. Пружна анізотропія відображає історію деформації осадових порід. Досліджувані зразки деформованих осадових порід мають виражену впорядкованість будови, яка призводить до ще більш вираженої анізотропії пружних хвиль. Анізотропія і впорядкованість структурних елементів осадових порід – взаємопов'язані фундаментальні властивості, що відображають деформаційні процеси їх формування і перетворення.

Висновки. Таким чином, розроблена автоматизована система чисельного аналізу і візуалізації даних УЗ вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль в породах-колекторах інваріантно-поляризаційним методом може використовуватись для експрес-обробки експериментальних значень фазових швидкостей квазіповздовжніх $V_{||}$, "швидкої" $V_{\perp 1}$ і "повільної" $V_{\perp 2}$ квазіпоперечних хвиль та щільності ρ порід-колекторів. Розглядаються програмно-алгоритмічні засоби автоматизованої системи чисельного аналізу і візуалізації даних УЗ вимірювань параметрів анізотропії A_d швидкостей пружних хвиль в гірських породах, які забезпечують урахування впливу неоднорідності складу і будови текстур гірських порід та їх упорядкованості. Одержані пружні постійні пісковиків Волино-Подільського регіону, які свідчать про те, що пружна симетрія ромбічна, а не поперечно – ізотропна. Отримані результати мають

УДК 550.3 (519.21)

важливе значення для побудови сейсмічних моделей реальних геологічних середовищ.

На прикладі порід-колекторів показано, що використання методу вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль V є доцільним і виправданим для здійснення неруйнівного контролю текстури зцементованих осадових дрібнозернистих пісковиків з точки зору розвитку теорії деформації порід-колекторів, утворення і розповсюдження тріщин, відновлення полів механічних напружень σ_i .

1. Александров К.С., Продайвода Г.Т. Анизотропия упругих свойств минералов и горных пород. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – 354с.
2. Астафьев С.В., Шилько Е.В., Ружин В.В., Псахье С.Г. Исследование влияния напряженного состояния на отклик границ раздела блоков в геологических средах при динамических воздействиях // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49, № 1. – С. 67-77.
3. Безродний Д.А., Шабатура О.В., Ляшенко О.В та ін. Акустична емісія в гетерозернистіх плагіогранітах при неоднорідному термічному впливі // Вісник КУ. Геологія. – 2007. – Вип. 41. – С. 37-39.
4. Беспалько А.А., Гольд Р.М., Яворович Л.В., Дацко Д.И. Влияние текстурных особенностей образцов алевролита на параметры электромагнитного сигнала при акустическом возбуждении // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2002. – №2. – С. 27-31.
5. Вижва С.А. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів. – К.: Обрії, 2004. – 236 с.
6. Іпатенко С.П., Іпатенко А.С. Новое о физике Земли (Начала геономии). – К.: НЧП "КОРУНД", 2002. – 194 с.
7. Качарян Г.Т., Спивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород. – М., 2003.
8. Кузнецов О.Л., Симкин О.Л., Чилингар Дж. Физические основы вибрационного и акустического воздействий на нефтегазовые пласты. М.: Мир, 2001. – 260 с.
9. Лукієнко О.І. Структурна геологія. – К.: КНТ, 2008. – 350 с.
10. Маслов Б.П., Продайвода Г.Т., Вижва С.А. Новый метод математического моделирования процессов разрушения в литосфере // Геоинформатика. – 2006. – №3. – С. 53-61.
11. Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Безродна І.М., Продайвода Т.Г. Геофізичні методи оцінки продуктивності колекторів нафти і газу. – К.: ВПЦ "КУ", 2011. – 367 с.
12. Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О. Генезис мінералів. – К.: ВПЦ "КУ", 2003.
13. Продайвода Г.Т., Вижва С.А., Куликов О.А. Пружні постійні і анізотропія об'ємних пружних хвиль пісковиків // Вісник КУ. Геологія. – 1995. – №13. – С. 38-54.
14. Продайвода Г.Т., Маслов Б.П., Вижва С.А. Акустоупругі ефекти в мікротріщинуватій геологічній середі // Геофізичний журнал. – 2001. – Т. 23, № 5. – С. 92-100.
15. Савич А.И., Колтєв В.И. Изучения напряженного состояния пород сейсмоакустическими методами // Физика Земли. – 1991. – № 9. – С. 60 – 72.
16. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Лисаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987. – 100 с.
17. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука, 2003. – 270 с.
18. Толстой М.І., Гасанов Ю.Л., Костенко Н.В. та ін. Петрогеохімія і петрофізика гранітоїдів Українського щита та деякі аспекти їх практичного використання: Довідник-навч. посібник. – К.: ВПЦ "КУ", 2003. – 329 с.
19. Томилині Н.Г., Дамаскинская Е.Е., Павлов П.И. Статистическая кинетика разрушения горных пород и прогноз сейсмических явлений // Физика твердого тела. – 2005. – Том 47, № 5. С. 955-959.
20. Томилині Н.Г., Куксенко В.С. Иерархическая модель разрушения горных пород. Науки о Земле: Физика и механика геоматериалов. М.: Вузовская книга, 2002. – 116 с.
21. Шкуратник В.Л., Вознесенский А.С., Набатов В.В. та ін. Об идентификации генотипов горных пород по их акустоэmissionsному отклику на термическое воздействие // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2009. – Ч.1, №5. – С. 225-233.
22. Bogomolov L.M., Il'ichev P.V., Novikov V.A. et al. AE response of rocks to electric power action as seismic-electric effect manifestation // Annals of Geophysics. – 2004. – V.47, № 1. – P. 65-72.

Надійшла до редакції 01.09.11

З. Вижва, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
В. Демидов, канд. фіз.-мат. наук, А. Вижва, студ.

СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ДВОВИМІРНИХ ПОЛІВ В АЕРОМАГНІТОМЕТРІЇ

Для вирішення проблем кондиційності карт, доповнення даними для досягнення необхідної точності і інших проблем подібного роду в геофізичних задачах, пропонується застосовувати методи статистичного моделювання реалізацій випадкових процесів та багатовимірних випадкових функцій (випадкових полів). Для аналізу даних, їх пропонується розділяти на детерміновану та випадкову складові. Для виділення детермінованої складової пропонується наближення даних кубічними сплайнами. Стаціонарну ж випадкову складову $\xi_k(x)$ пропонується моделювати на основі спектральних розкладів випадкових функцій. Модельний приклад – дані аеромагнітної зйомки.

To solve the problems of conditional maps, adding of data to achieve the necessary precision, and other such problems in geophysics, it is proposed to apply methods of statistical simulation of realizations of random processes and multi-dimensional random functions (random fields). For data analysis, it is proposed to be divided into deterministic and random components. To separate the deterministic component is proposed approximation of data by cubic splines. The stationary random component is $\xi_k(x)$ is proposed to modeling on the basis of spectral expansions of random functions. Model example – aeromagnetic data.

Більшість результатів геофізичних досліджень подається у цифровій формі, точність якої залежить від

різних випадкових впливів (в тому числі від точності вимірювання апаратури). При цьому виникає ряд про-

блем, наприклад, у побудові карт за даними вимірювань, коли їх неможливо отримати із заданою деталістю в деяких ділянках. В таких ситуаціях рекомендується застосовувати методи статистичного моделювання [2 – 4, 5] реалізацій випадкових процесів та багатовимірних випадкових функцій (випадкових полів).

Цей напрямок наукових досліджень розробляється вже відносно давно. За останні десятиріччя такий математичний підхід до вирішення геологічних задач використовували, поряд з іншими дослідниками, вчені Shinozuka M., Jan C.M. [7], Mantoglov A., Wilson John L. [6], Chiles J.P., Delfiner P. [5], а також розглядався у роботах Вижви С.А., Вижви З.О. [2, 3]. При цьому використовувались різні способи побудови моделей геологічних об'єктів. В роботі [1] запропоновано застосовувати метод статистичного моделювання випадкових процесів на основі їх спектрального розкладу, який дає можливість за окремими отриманими значеннями їх реалізацій знайти досконале зображення цих процесів на всьому інтервалі спостережень.

Такий метод використовується як для періодичних, так і для неперіодичних стаціонарних випадкових процесів, які можна періодичним способом продовжити на всю числову пряму.

В цій статті описано побудовану модель та розроблено алгоритм статистичного моделювання реалізацій випадкового процесу, який є об'єктом геофізичних досліджень. При цьому було попередньо визначено на основі статистичного аналізу польових даних вимірю-

вань оцінки їх статистичних характеристик: математичного сподівання та кореляційної функції.

Об'єктом дослідження є дані аеромагнітної зйомки масштабу 1:10 000 в районі Овруцької западини, яка була проведена на протязі 1996 – 2002 років. В загальному плані – це зона зчленування Українського кристалічного щита і Прип'ятської западини. Роботу здійснено по 25 профілям із відстанню між ними – 100 метрів. Всі отримані дані є опрацьованими, тобто, в них внесено необхідні поправки.

Запропоновано застосовувати метод статистичного моделювання випадкових процесів на основі їх спектрального розкладу [2 – 4], який дає можливість за окремими отриманими значеннями їх реалізацій знайти більш детальне зображення цих процесів на всьому інтервалі спостережень.

Проведено аналіз статистичного розподілу двовимірних даних аеромагнітної зйомки з використанням програмного продукту для статистичної обробки випадкових полів GeoR. Діаграма даних аеромагнітної зйомки має наступний вигляд на рис. 1. На основі побудованої гістограми зроблено висновок про те, що щільність розподілу двовимірних даних має наближено логарифмічно-нормальний вигляд. Це дає нам підставу прологарифмувати дані і звести їх до наближено нормально розподілених. Таке перетворення надає нам можливість використати розроблений в [2–4] алгоритм для генерування на комп'ютері реалізацій імітованих даних із залученням послідовностей нормально розподілених випадкових величин.

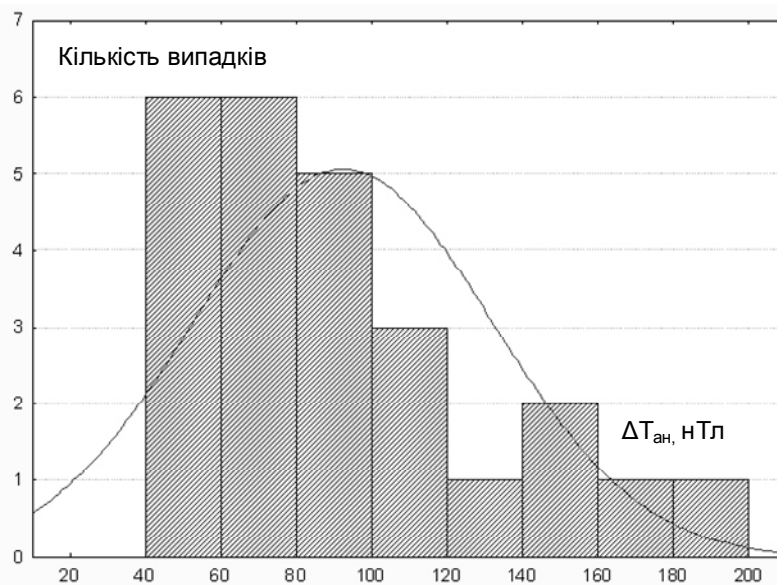


Рис. 1. Діаграма вхідних даних $\Delta T_{ан}$ по ПР1

Щоб побудувати модель та алгоритм статистичного моделювання для даних аеромагнітної зйомки, окремо по кожному профілю було попередньо здійснено їх статистичний аналіз.

Для цього, за графіком даних, які спочатку прологарифмовано, виділено стаціонарну випадкову складову $\xi_i(x)$ (так званий "шум" – випадковий процес) і тренд $f_i(x)$ у вигляді детермінованої функції (експоненціально затухаючої косинусоїди або синусоїди). В результаті цього зроблено висновок, що вхідні дані по кожному профілю (рис. 2) є випадковим процесом $\eta_i(x)$ такого вигляду (i – номер профілю, M – кількість профілів):

$$\eta_i(x) = f_i(x) + \xi_i(x), \quad i = 1, 2, \dots, M. \quad (1)$$

Підібрано для тренда $f_i(x)$ оптимальні в середньоквадратичному розумінні параметри a_i , b_i , c_i . Після цьо-

го для даних аеромагнітної зйомки окремо по кожному профілю тренди із формули (1) описуються аналітичними функціями:

$$f_i(x) = a_i e^{-b_i x} \cos(c_i(x - \phi_i)) + p_i, \\ c_i > 0, a_i > 0, b_i > 0, \phi_i > 0$$

Наступний етап роботи полягав у статистичному дослідженні стаціонарної випадкової складової вхідних даних по кожному профілю $\eta_i(x)$ – випадкового процесу $\xi_i(x)$.

Підбір моделі кореляційної функції виділеного шуму $\xi_i(x)$ здійснено за допомогою пакета програм для статистичної обробки випадкових процесів Statistica (розподіл наближено гауссівський).

Емпіричну кореляційну функцію для кожного профіля було наближено теоретичною кореляційною фу-

нкцією $B_i(\rho)$ виду експоненціально затухаючої косинусоїди (рис. 3).

$$B_i(\rho) = d_i e^{-h_i \rho} \cos \omega_i \rho, \quad (2)$$

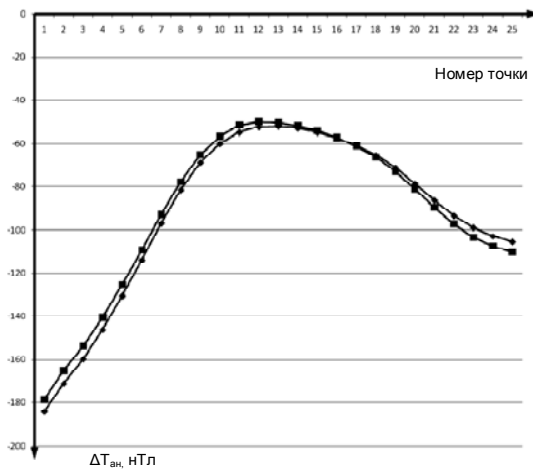


Рис. 2. Вхідні дані $\Delta T_{ан}$ по ПР1

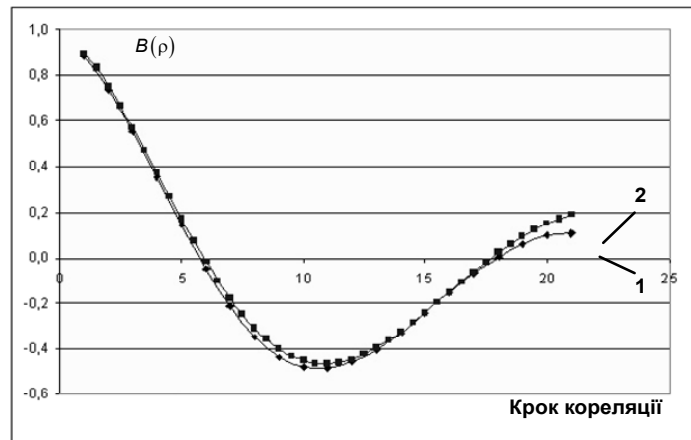


Рис. 3. Кореляційна функція $\Delta T_{ан}$ по ПР1 $B_i(\rho) = d_i e^{-h_i \rho} \cos \omega_i \rho$,
1 – вхідні дані, 2 – вихідні дані (змодельовані)

На основі статистичного аналізу кореляційної функції $B_i(\rho)$ випадкової складової $\xi_i(x)$ вхідних даних побу-

довано **модель** [1] **такого** випадкового процесу, яка описується формулою:

$$\xi_N^{(i)}(x) = \frac{\sqrt{b_0^{(i)} D_{\xi}^{(i)}} \xi_0^{(i)}}{2} + \sum_{k=1}^N \sqrt{2 b_k^{(i)} D_{\xi}^{(i)}} \left(\xi_k^{(i)} \cos \frac{\pi x}{T} + \eta_k^{(i)} \sin \frac{\pi x}{T} \right), \quad (3)$$

де змінна x належить інтервалу спостереження $[0, T]$, $D_{\xi}^{(i)}$ – дисперсія, а $b_k^{(i)}$ – спектральні коефіцієнти, які відповідають підібраній кореляційній функції (2) та обчислюються за виразом

$$b_k^{(i)} = d_i \frac{e^{-h_i T}}{T} \left\{ \frac{h_i \left[e^{h_i T} - \cos(T \omega_i + k \pi) \right] + \left(\omega_i + \frac{k \pi}{T} \right) \sin(T \omega_i + k \pi)}{h_i^2 + \left(\omega_i + \frac{k \pi}{T} \right)^2} + \right. \\ \left. + \frac{h_i \left[e^{h_i T} - \cos(T \omega_i - k \pi) \right] + \left(\omega_i - \frac{k \pi}{T} \right) \sin(T \omega_i - k \pi)}{h_i^2 + \left(\omega_i - \frac{k \pi}{T} \right)^2} \right\},$$

де параметри h_i , ω_i та $d_i = D_{\xi}^{(i)}$ задані в формулі (1).

Було проведено аналітичне дослідження залежності значень спектральних коефіцієнтів $b_1^{(i)}$, $b_2^{(i)}$, $b_3^{(i)}$, ... $b_{10}^{(i)}$ (при $N = 10$) кореляційної функції $B_i(\rho)$ типу експоненціально затухаючої косинусоїди від величини параметра $h_i > 0$. На наступному рисунку (рис. 4) зображено графіки такої залежності, які побудовано засобами пакета програм MathCad.

Із наведеного графічного представлення неважко зробити висновок про достатню швидкість спадання значень спектральних коефіцієнтів із ростом їх номера k та зменшення їх різниці із збільшенням значення параметра h_i , (рис. 4). Такі властивості коефіцієнтів гарантують хорошу до застосування в сформульованому нижче алгоритмі збіжність ряду:

$$\sum_{k=0}^{\infty} b_k^{(i)}.$$

Модель (3) є основою для побудови наступного алгоритму статистичного моделювання реалізацій для стаціонарної випадкової складової $\xi_i(x)$ даних аеромагнітної зйомки окремо по кожному профілю.

Алгоритм:

1. Для заданої точності ε ($\sim 10^{-3}$) визначається відповідне натуральне число N , яке задовольняє таку нерівність [1]:

$$\sum_{k=N}^{\infty} b_k^{(i)} \leq \varepsilon.$$

2. Моделюються послідовності некорельованих гауссівських випадкових величин $\{\xi_k^{(i)}, k = 0, 1, 2, \dots, N\}$ та $\{\eta_k^{(i)}, k = 0, 1, 2, \dots, N\}$ з нульовим математичним сподіванням та одиничними дисперсіями.

3. Обчислюється значення реалізації випадкового процесу $\xi_i(x)$ у заданій точці x із інтервалу спостережень за формулою (3), підставляючи в неї знайдену величину числа N та змодельовані послідовності випадкових величин за попереднім пунктом (рис. 5).

4. Знаходиться статистична оцінка для кореляційної функції по отриманій реалізації випадкового процесу $\xi(x)$ допомогою пакета Statistica і порівнюється із заданою кореляційною функцією $B(\rho)$, а також проводиться статистичний аналіз цієї реалізації на адекватність.

При використанні наведеного алгоритму можна згенерувати реалізації для стаціонарної випадкової складової $\xi(x)$ даних аеромагнітної зйомки окремо по кожному профілю, їх необхідно додати за формулою (1) до тренда $f(x)$, що описується формулою (2) і в результаті будемо мати реалізації $\eta(x)$ для даних аеромагнітної

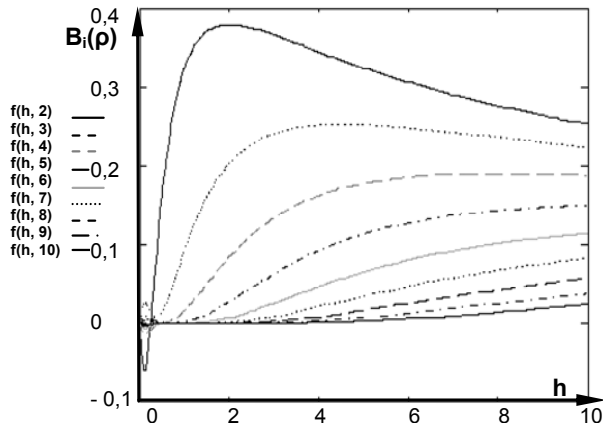


Рис. 4. Графічне відображення залежності спектральних коефіцієнтів $B_k=f(h^*k)$ кореляційній функції типу експоненціально затухаючої косинусоїди $B_k(\rho)$ від параметру h

Висновки.

За допомогою методів статистичного моделювання реалізацій випадкових процесів вирішена проблема у генеруванні адекватних даних аеромагнітної зйомки засобами комп'ютера, коли їх неможливо отримати на практиці із заданою деталістю в деяких ділянках. Наведений спосіб моделювання дозволяє із вказаною точністю отримувати значення даних, яких не вистачає, при умові, що результати вимірювань мають властивість стаціонарності, або коли їх можна звести до стаціонарної та детермінованої складових.

Область застосування наведеного алгоритму може бути розширена на класи випадкових процесів з іншим типом розподілу, якщо замість послідовностей гауссівських випадкових величин в моделі (3) розглядати послідовності з відповідним типом розподілу.

зйомки, окремо по кожному профілю у будь-якій точці із інтервалу спостережень (рис. 5).

В результаті накладання змодельованих реалізацій на дані вимірів по профілю отримаємо їх більш детальну реалізацію із достатньою точністю.

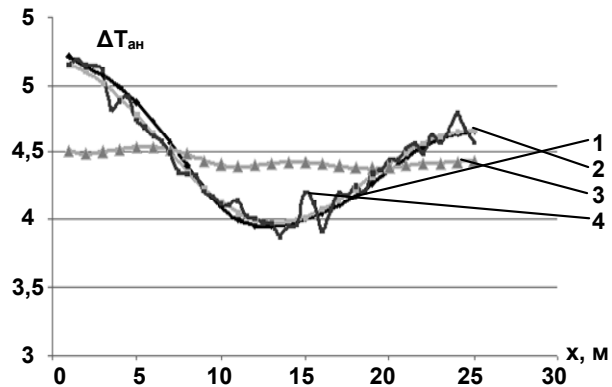


Рис. 5. Графік ΔT_{an} по ПР1 (прологорифмований), вхідні дані, тренд, змодельовані дані: 1 – вхідні дані, 2 – тренд, 3 – випадкова складова, 4 – змодельовані дані

1. Вишва З. О. Математичні моделі в природознавстві / З. О. Вишва. – К. : ВГЛ "Обрій", 2007. – 164 с.
2. Вишва С. А. Про один метод статистичного моделювання періодичних стаціонарних випадкових процесів при вирішенні геологічних задач / С. А. Вишва, З. О. Вишва // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія, 2000. – Вип. 17. – С. 57–59.
3. Вишва С. А. Про один метод статистичного моделювання періодичних випадкових процесів в геології / С. А. Вишва, З. О. Вишва // Геоінформатика – К. : ТОВ "Карбон-сервіс", 2003. – № 1. – С. 46–52.
4. Вишва С. А. Статистичне моделювання карстово-суфозійних процесів на території потенційно-небезпечних об'єктів / С. А. Вишва, З. О. Вишва, В. К. Демидов // Геоінформатика – К. : ТОВ "Карбон-сервіс", 2004. – № 2. – С. 78–85.
5. Chiles J. P. Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty / J. P. Chiles, P. Delfiner. – N. Y., Toronto : John Wiley & Sons, Inc., 1999. – 695 p.
6. Mantoglou A. Simulation of random fields with turning bands method / A. Mantoglou, L. Wilson John // MIT Ralph M. Parsons Lab. Hydrol. And Water Syst. Rept., 1981. – № 264. – 199 p.
7. Shinozuka M, Jan C. M. Digital simulation of random processes and its applications / M. Shinozuka, C. M. Jan // J. Sound and Vibration, 1972. – № 1. – P. 111–128.

Надійшла до редколегії 14.11.11

ПОДІЇ

Д. Божежа, координатор EAGE в Україні

ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ОСЕРЕДКУ EAGE ЗА ПІДСУМКАМИ 2010 РОКУ ВИЗНАНА НАЙКРАЩОЮ

На щорічній конференції EAGE, яка проходила у Відні з 21 по 26 травня 2011 р., відбулася важлива подія для української наукової геологічної спільноти – активна міжнародна діяльність українських членів місцевого осередку EAGE у Києві була визнана найкращою в 2010 році.

Європейська асоціація геовчених та інженерів, штаб-квартира якої знаходиться у м. Хоутен (Нідерланди), була заснована в 1951 р. не як прибуткова організація, а для розвитку та захисту професійних інтересів своїх членів. За ці роки стало зрозумілим феноменальне значення асоціації у розвитку науки та практики, вже проведено 73 конференції – спочатку європейського масштабу, а на сьогодні й світового. Кількість членів асоціації досягла майже 15 000 із більш ніж 100 країн світу, тобто не лише Європи, а й інших континентів. Кількість членів асоціації стрімко зростає завдяки міжнародним контактам. З 2001 р. почали формуватися місцеві осередки, які створено вже у 13 країнах, головна їх роль – розповсюджен-

ня інформації про асоціацію, залучення місцевих фахівців до участі в усіх заходах асоціації, організація конференцій у своєму регіоні. Серед цих країн – Австрія, Азербайджан, Греція, Німеччина, Угорщина, Сербія, Іран, Лівія, Україна, Польща, Туреччина, Індія, Росія (7 осередків). Збільшення кількості членів асоціації у всьому світі зумовило створення регіональних представництв. У 2006 р. були відкриті офіси в Москві для координації членів EAGE в Росії та країнах СНД і в Дубаї – для членів EAGE з Близького Сходу.

Рада директорів EAGE, для активізації самостійної діяльності місцевих осередків, оголосила конкурс на премію за найактивніший місцевий осередок асоціації. Для участі в конкурсі були запрошені всі місцеві осередки, яких в 2010 р. налічувалося 18. За результатами оцінки діяльності в 2010 р. найкращим був визнаний Український осередок, який очолює президент Микола Якимчук. Друге місце посів Азербайджанський осере-

док, а третє самий молодий осередок Австрії який біло створено в 2009 році [1].



Церемонія нагородження кращого місцевого осередку.
Президент Київського місцевого осередку EAGE
М.А. Якимчук і президент EAGE (2011–2012)
Джон Вандерхілл

Шлях до цієї події був довгий. З 1998 по 2004 р., коли ТОВ "Карбон" разом з Інститутом прикладних проблем екології, геофізики та геохімії (ІППЕГГ) були проведені перші наукові конференції – "Прикладні геофізичні технології розвідки та експлуатації нафтогазових родовищ", "Проблеми прикладної геохімії", "Теоретичні та практичні проблеми інтерпретації потенціальних полів", "Теоретичні та прикладні проблеми нафтогазової геології та промислової геофізики", "Геологія Чорного моря", "Теоретичні та практичні проблеми інтерпретації потенціальних полів", активним учасником цих конференцій був представник EAGE, голова фонду EAGE–PACE доктор Герд Цунке. Саме тоді на одній із таких конференцій між ним і головою оргкомітету конференції М.А. Якимчуком відбулася розмова про розвиток співпраці між EAGE і асоціаціями геологічного профілю різних країн Європи. Розмова виявилася пророчною. Тоді Герд Цунке сказав, що подібну форму співпраці не практикували в EAGE, але ідею він донесе керівництву асоціації. У 2001 р. з'являються перші осередки EAGE в країнах Європи, а на цей час в Азії, Африці та Південній Америці.

Київський осередок EAGE, що об'єднує всіх українських членів асоціації, розпочав свою офіційну діяльність з червня 2004 р. На 66-й конференції EAGE в Парижі був підписаний документ про його створення президентом EAGE D. Milne і керівником місцевого осередку EAGE у Києві М.А. Якимчуком.

Після створення осередку істотно покращилося інформаційне забезпечення української геологічної спільноти про діяльність EAGE, значно спрощений механізм сплати внесків для членів EAGE з України завдяки діяльності Local Chapter Kyiv, що зумовило зростання кількості членів асоціації в Україні, щорічно здійснюються наукові та освітні заходи за підтримки EAGE.

За ці роки Київський місцевий осередок забезпечив приріст членів асоціації з 35 до 230 осіб, до складу місцевого осередку увійшли 2 студентські осередки – при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка і Дніпропетровському гірничому університеті. До EAGE як асоційовані члени приєдналися 3 українські громадські організації: Всеукраїнська асоціація геоінформатики, Асоціація геологів України та Асоціація геологів Сімферополя. Завдяки популяризації EAGE серед українських

учених збільшилась і кількість делегатів від України, які беруть участь у міжнародних конференціях EAGE. Наприклад, у 2004 р. на 66-й конференції EAGE у Парижі українську делегацію складали 4 учасники, вже в 2010 р. на 72-й конференції в Барселоні від України були присутні 34 делегати. Наведені факти, безумовно, підтверджують доцільність таких осередків, тому для стимулювання розвитку місцевих осередків керівництвом комітету EAGE з членства і кооперації було ухвалено рішення провести серед них конкурс, відзначивши кращий осередок матеріальною винагородою.

Основні досягнення Київського осередку EAGE станом на 2010 р. такі:

- збільшення кількості членів EAGE в Україні до 230 осіб, що на 15 осіб більше, ніж у 2009 р. і майже на 200 осіб від моменту створення осередку в 2004 р.;
- створення студентського осередку при Дніпропетровському гірничому університеті, що налічує 15 студентів;
- проведення освітніх лекцій: лекцію Володимира Гречки "Використання сейсмічної анізотропії в розробці родовищ нафти і газу", що була прочитана в межах освітнього турне EAGE, в Інституті Тутковського відвідало 45 учасників; у межах студентського лекційного туру на геологічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка Володимиром Гречкою була прочитана лекція "Як написати гарну статтю по геофізиці", яку прослухало понад 80 учасників;
- організація та проведення 9-ї міжнародної конференції "Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти", яка вперше в 2010 р. була організована спільно з EAGE. Ця конференція стала більш відвідуваною, ніж попередні. У конференції взяли участь понад 240 делегатів, прозвучало 126 наукових доповідей;
- суттєве збільшення делегації українських учених і фахівців – членів EAGE для участі у щорічних конференціях EAGE.

Local Chapter Kyiv продовжує активно працювати і в 2011 році. Разом з EAGE проведено X Ювілейну міжнародну конференцію з геоінформатики, яка відповідала сучасним міжнародним організаційним і науковим стандартам і зібрала понад 250 учасників з 15 країн Європи та світу [2]. Розпочато роботу зі створення осередків в інших регіонах України. В Києві та Івано-Франківську пройшов студентський лекційний тур EAGE, в рамках якого відбулася лекція професора А.Б. Золотухина на тему: "Економіка і геополітика глобальних енергетичних процесів". В щорічній конференції в Відні взяли участь понад 30 учасників з України. В VI конгресі Балканського геофізичного товариства (3–6 жовтня 2011, м. Будапешт, Угорщина) взяли участь 5 делегатів з України, з яких 4 студенти Київського Національного університету імені Тараса Шевченка, що переконливо здобули перемогу в геовікторині серед 10 інших студентських команд.

Висока оцінка науково-організаційної роботи Київського осередку EAGE, що вперше в історії України відзначена однією з найвпливовіших організацій геолого-геофізичного профілю Європи та світу, – історична перемога, що, безумовно, є важливим внеском у розвиток міжнародних наукових контактів і засвідчує прогрес вітчизняної геологічної науки.

1. Kiev wins first Best Local Chapter award, First Break, September 2011 – Issue 9 – Volume 29; <http://fb.eage.org/content.php?id=53685>. 2. Kiev remains home to Geoinformatics event, First Break August 2011 – Issue 8 – Volume 29, <http://fb.eage.org/content.php?id=52093>

Наукове видання



ВІСНИК КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ГЕОЛОГІЯ

Випуск 56

Статті подано в авторській редакції.

Оригінал-макет виготовлено Видавничо-поліграфічним центром "Київський університет"

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Редакція залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали. Рукописи та електронні носії не повертаються.



Формат 60x84^{1/8}. Ум. друк. арк. 8,0. Наклад 300. Зам. № 212-6055.
Вид. № Гл1. Гарнітура Arial. Папір офсетний. Друк офсетний.
Підписано до друку 18.04.12

Видавець і виготовлювач
Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет"
01601, Київ, б-р Т. Шевченка, 14, кімн. 43
☎ (38044) 239 3222; (38044) 239 3172; тел./факс (38044) 239 3128
e-mail: vpc@univ.kiev.ua
http: vpc.univ.kiev.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1103 від 31.10.02