

Присвячується
200-річчю з дня народження Тараса Шевченка
180-річчю Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
70-річчю Геологічного факультету

To the 200th anniversary of Taras Shevchenko's birth
the 180th anniversary of Taras Shevchenko
National University of Kyiv
the 70th anniversary of the Geological Faculty

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.

Published are the results of geological, stratigraphic, paleontological, hydrogeological, geophysical and geoinformational research carried out by the academic staff and scientists of the geological faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv.

For scientists, professors, graduate and postgraduate students.

Відповідальний за випуск О.І. Меньшов

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР	В.А. Михайлов, 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.); С.А. Вижва, д-р геол. наук, проф.; З.О. Вижва, д-р фіз.-мат. наук, проф.; 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.; П.О. Міненко, д-р фіз.-мат. наук; В.А. Нестеровський, д-р геол. наук, проф.; В.В. Огар, д-р геол. наук, доц.; М.І. Орлюк, д-р геол. наук, с.н.с.; 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.; В.В. Шевчук, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; С.Є. Шнюков, д-р геол. наук, доц.; М.А. Якимчук, д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАН України; Т.В. Пастушенко, канд. філол. наук, доц.; Т.А. Мірончук, канд. філол. наук, доц. Іноземні члени редакційної колегії: М. Бур'яник, Шелл Глобал Солюшн Інтернешнл, Нідерланди; Л. Верник, Нафтова корпорація Маратон, США; А. Веснавер, Італійський національний інститут океанографії та прикладної геофізики, Італія; К. Зенг, Китайський геологічний університет; Китай, М. Короновський, Московський державний університет імені М.В. Ломоносова; Росія, Д. Ленц, Університет Нью-Брансвік, Канада; К. Лі, Китайський геологічний університет, Китай; М. Олівія, Лісабонський університет, Португалія; П. Перейра, Університет Миколаса Ромеріса, Литва; В. Портнов, Карагандинський Державний Технічний Університет, Казахстан; Д. Робертс, Стаффордширський університет, Великобританія; С. Спассов, Геофізичний центр Доурбес, Бельгія; М. Феді, Неапольський Університет Федеріко II, Італія; О. Ханчук, Далекосхідний геологічний інститут, Росія
Адреса редколегії	03022, Київ-22, ГСП-1, вул. Васильківська, 90; ☎ (38044) 259 70 30
Затверджено	Вченою радою геологічного факультету 24 червня 2014 року (протокол № 11)
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

UDC 504+550+551+552+624

Published are the results of geological, stratigraphic, paleontological, hydrogeological, geophysical and geoinformational research carried out by the academic staff and scientists of the geological faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv.

For scientists, professors, graduate and postgraduate students.

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 геoinформационных исследований преподавателей и научных сотрудников геологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко.

Для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов.

Chief publication manager O. Menshov

Formatting and adjustment by Yu. Tymchenko and I. Tsyupa

EXECUTIVE EDITOR	V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.
EDITORIAL BOARD	Ukrainian members: I. Bezrodna, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher (Deputy Executive Editor); O. Menshov, Cand. Sci. (Geol.), (Executive Secretary); S. Vyzhva, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; Z. Vyzhva, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Assos. Prof.; V. Grinchenko, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; V. Guliy, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; M. Jukov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; V. Zagnitko, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; O. Ivanik, Dr. Sci. (Geol.), Assos. Prof.; O. Karpenko, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; M. Korjnev, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; I. Korchagin, Dr. Sci. (Phys.-Math.); O. Koshliakov, Dr. Sci. (Geol.), Assos. Prof.; V. Kurganskiy, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; O. Lukienko, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; B. Maslov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.; O. Mytropolskiy, Corr. NAS Ukraine, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; O. Mytrokhin, Dr. Sci. (Geol.), Assos. Prof.; P. Minenko, Dr. Sci. (Phys.-Math.); V. Nesterovskiy, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; V. Ogar, Dr. Sci. (Geol.), Assos. Prof.; M. Orluk, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher; V. Pavlyshin, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; G. Prodaivoda, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.; M. Tolstoy, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; V. Shevchuk, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; S. Shniukov, Dr. Sci. (Geol.), Assos. Prof.; M. Yakimchuk, Corr. NAS Ukraine, Dr. Sci. (Phys.-Math.); T. Pastushenko, Cand. Sci. (Phil.), Assos. Prof.; T. Mironchuk, Cand. Sci. (Phil.), Assos. Prof. Foreign members: M. Burianyk, Shell Global Solutions International, The Netherlands; L. Vernik, Marathon Oil Company, USA; A. Vesnaver, Italian National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Italy; Q. Zeng, China University of Geosciences, China; M. Koronovskiy, Lomonosov Moscow State University, Russia; D. Lentz, University of New Brunswick, Canada; Q. Liu, China University of Geosciences, China; M. Olivia, University of Lisbon, Portugal; P. Pereira, Mykolas Romeris University, Lithuania; V. Portnov, Karaganda State Technical University, Kazakhstan; D. Roberts, Staffordshire University, Great Britain; S. Spassov, Geophysical Center of Dourbes, Belgium; M. Fedi, University of Naples Federico II, Italy; O. Khanchuk, Far East Geological Institute, Russia
Address	90 Vasylkivska Str, Kyiv, Ukraine, 03022, tel. +380442597030
Approved by the	Academic Council of the Geological Faculty June 24, 2014 (Minutes # 11)
Certified by the	Higher Attestation Board (the State Commission for Academic Degrees and Titles), Ukraine Edict # 1-05/6 issued on 12.06.2002
Certified by the	Ministry of Justice of Ukraine State Certificate # 16181-4653P issued on 25.12.2009
Founded and published by	Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv University Publishing State Certificate # 1103 issued on 31.10.2012
Address:	Office 43, 14 Shevchenka Blvd, Kyiv, 01601 ☎ (38044) 239 3172, 239 3222; Fax 239 3128

ЗМІСТ

ДО ЮВІЛЕЇВ

Гришук П. Декани геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка	8
--	---

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

Мадьяр А., Фабіан С., Ковач І., Варга Г., Радванські Б., Ковач М., Шобускі М. Дослідження сучасного розвитку поверхні Пакш-Дунакемледських лесових високих (надзаплавних) берегів	14
Василенко А. Ознаки зсуву в межах Закарпатського глибинного розлому	19
Андрієць Т. Постмагматична еволюція вулканічних структур центральної частини Вигорлат-Гутинського пасма за даними структурно-морфометричного аналізу	23

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

Кірієнко О., Митрохин О. Мінералого-петрографічна характеристика габроїдів Городищенського масиву (Корсунь-Новомиргородський плутон Українського щита)	28
---	----

ГЕОФІЗИКА

Вижва С., Михайлов В., Онищук Д., Онищук І. Електричні параметри порід-колекторів імпактних структур	31
Ігнатишин В., Малицький Д., Коваль Ю. Динаміка сучасних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому	36

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Михайлов В., Курило М., Андрєєва О. Принципи геолого-економічної оцінки нетрадиційних ресурсів вуглеводнів	40
Герасимов М., Галко Т., Євдошук М., Дрягина Т. Геодинамічна еволюція Кримської задугової рифтової системи	45
Вакарчук С., Довжок Т., Харченко М., Філюшкін К. Потенціал газу неконвенційного типу в Східному нафтогазоносному регіоні України	49

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

Бровко А. Оцінка впливу коефіцієнтів фільтрації водоносних комплексів у четвертинних та верхньокрейдових відкладах на швидкість розчинення карбонатних порід на території Рівненської АЕС	54
Войтович С. Часові зміни хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району	57

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

Вижва З., Демидов В., Вижва А. Дослідження густини крейдяної товщі методом Монте-Карло на проммайданчику Рівненської АЕС із застосуванням моделі Коші	62
Аксьом Н. Тривимірне моделювання при розрахунках стійкості схилів з використанням ГІС (на прикладі м. Києва)	67

СОДЕРЖАНИЕ

К ЮБИЛЕЯМ

Гришук П. Деканы геологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко	8
---	---

ОБЩАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Мадьяр А., Фабиан С., Ковач И., Варга Г., Радванськи Б., Ковач М., Шобуски М. Исследование современного развития поверхности Пакш-Дунакемледских лессовых высоких (надпойменных) берегов	14
Василенко А. Признаки сдвига в пределах Закарпатского глубинного разлома	19
Андриец Т. Постмагматическая эволюция вулканических структур центральной части Вигорлат-Гутинской гряды по данным структурно-морфометрического анализа	23

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

Кириенко Е., Митрохин А. Минералого-петрографическая характеристика габброидов Городищенского массива (Корсунь-Новомиргородский плутон Украинского щита)	28
--	----

ГЕОФИЗИКА

Выжва С., Михайлов В., Онищук Д., Онищук И. Электрические параметры пород-коллекторов импактных структур	31
Игнатишин В., Малицкий Д., Коваль Ю. Динамика современных движений земной коры в зоне Оашского глубинного разлома	36

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Михайлов В., Курило М., Андреева Е. Принципы геолого-экономической оценки нетрадиционных ресурсов углеводородов	40
Герасимов М., Галко Т., Евдошук Н., Дрягина Т. Геодинамическая эволюция Крымской задуговой рифтовой системы	45
Вакарчук С., Довжок Т., Харченко М., Филюшкин К. Потенциал газа неконвенционного типа в Восточном нефтегазоносном регионе Украины	49

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Бровко А. Оценка влияния коэффициентов фильтрации водоносных комплексов в четвертичных и верхнемеловых отложениях на скорость растворения карбонатных пород на территории Ровенской АЭС	54
Войтович С. Временные изменения химического состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района	57

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Выжва З., Демидов В., Выжва А. Исследование плотности меловой толщи методом Монте-Карло на промплощадке Ровенской АЭС с применением модели Коши	62
Аксьом Н. Трехмерное моделирование при расчетах устойчивости склонов с использованием ГИС (на примере г. Киева)	67

CONTENTS

TO ANNIVERSARIES

Hryshchuk P. The Geological Faculty of Taras Shevchenko National University of Kyiv: the Deans.....	8
---	---

GENERAL AND HISTORICAL GEOLOGY

Magyar Á., Fábíán Sz. Á., Kovács I. P., Varga G., Radvánszky B., Kovács M., Sobucki M. Analysis of Recent Surface Development on the High Bluff between Paks and Dunakömlőd	14
Vasylenko A. Shift Indicators in the Transcarpathian Deep Fault Zone	19
Andriiets T. Post-magmatic Evolution of the Volcanic Structures in the Central Vyhorlat-Hutynska Ridge: a Structural-morphometric Analysis	23

MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND PETROGRAPHY

Kirilenko O., Mitrokhin O. Mineralogical and Petrographic Properties of the Horodyschensky massif gabbros (Korsun-Novomyrhorodsky pluton of the Ukrainian shield)	28
--	----

GEOPHYSICS

Vyzhva S., Mykhailov V., Onyshchuk D., Onyshchuk I. Reservoir Rocks in Impact Structures: Electrical Parameters	31
Ihnatyshyn V., Malytskyi D., Koval' Y. Oash Deep Fault Zone: Earth'S Crust Dynamics	36

MINERAL RESOURCES

Mykhailov V., Kurylo M., Andreeva O. Unconventional Hydrocarbon Resources: Geological and Economic Evaluation	40
Gerasimov M., Halko T., Yevdoshchuk N., Driagina T. Geodynamical evolution of the Crimean Back-arc Rift System	45
Vakarchuk S., Dovzhok T., Kharchenko M., Filiushkin K. Unconventional Gas Resources in the Eastern Petroleum Region of Ukraine	49

HYDROGEOLOGY, ENGINEERING AND ECOLOGICAL GEOLOGY

Brovko A. Hydraulic Conductivity Estimates for Quaternary and Upper Cretaceous Water-Bearing Collectors vs Velocity of Carbonate Rock Dissolution at Rivne NPP	54
Voitovych S. Pit Water Chemical Composition vs Time Factor in the Chervonohrad Mining Region	57

GEOLOGICAL INFORMATICS

Vyzhva Z., Demydov V., Vyzhva A. Monte Carlo Method and Cauchy Model: Identifying Chalk Layer Density on Rivne NPP Industrial Site	62
Aksiom N. GIS in Computing Kyiv Slopes Stability: Three-dimensional Modeling	67

ДО ЮВІЛЕЇВ

УДК 55:929

П. Гришук, канд. геол. наук, доц.,
тел.: +38(099) 114-97-37, e-mail: pavel@univ.kiev.ua
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська 90, м. Київ, 03022 Україна

ДЕКАНИ ГЕОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

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

Мета статті полягає у описі діяльності деканів геологічного напрямку освіти у Київському університеті, їх ролі у науковій та навчальній діяльності. Методика полягала у використанні особистих справ, як основного джерела для встановлення, отриманих посад та історичних нарисів, що характеризують педагогічний та науковий внески персоналій. Результатом є опис діяльності осіб, які керували факультетом геологічної освіти у Київському університеті. Наукова новизна полягає у хронологічному встановленні назв факультету геологічного напрямку: геолого-географічний (1933-1944), геолого-грунтознавчий (1944-1949) та геологічний (з 1949). Практична значимість праці – це зведення інформації про деканів факультету геологічного напрямку за історичний період розвитку геологічної освіти у Київському університеті з часу заснування факультету у 1933 р по травень 2014 р. Дані про деканів включають вищу освіту, займані посади, наукову діяльність, внесок у геологічне навчання, громадську діяльність, основні праці та нагороди.

Ключові слова: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, геолого-географічний, геолого-грунтознавчий, геологічний факультет, декани геологічного факультету, В. І. Крокос, М. К. Шматько, І. Ф. Мукомель, Б. О. Гаєрусевич, С. П. Родіонов, Ф. А. Руденко, М. Ф. Скопиченко, В. А. Сліпченко, А. Г. Солдак, В. С. Шабатин, В. Ф. Грінченко, В. А. Михайлов, С. А. Вижва.

Вступ. У цьому році виповнилося 200 років з Дня народження Т. Г. Шевченка, 180 років – Київському національному університету імені Тараса Шевченка (КНУ) і 70 років геологічному факультету та кафедрі геофізики. Вийшли видання, які описують історію геології [6, 9] та геологічного факультету в Київському університеті [7]. Виникла можливість поєднати спогади і архівні дані [1-4] для отримання повної інформації про деканів факультету геологічного спрямування.

Коротка історія геологічного напрямку в Київському університеті

Університет заснований як Імператорський Університет Св. Володимира Указом імператора 2 листопада 1833 р. Відкритий 28 (16 – за старим стилем) липня 1834 р і невдовзі створено кафедру мінералогії і геогнозії. Будинок Червоного корпусу був збудований у 1837-1843 рр у стилі російського класицизму за проектом італійського архітектора Вінченцо Беретті (1781-1842 рр) [10].

У 1920 р Київський університет реформовано у Київський інститут народної освіти (КІНО) з геологічним циклом відділу природничих наук. Згодом геологів перевели до Київського Гірничо-геологічного інституту (1929-1933) із науково-дослідною кафедрою геології (завідувач – Павло Аполлонович Тутковський, 1924-1926), яка в 1926 р реорганізована в Інститут геологічних наук АН УРСР, а її рештки реформовані в КІНО [6].

У 1933 р відкрито геолого-географічний факультет, до складу якого входило п'ять кафедр геологічного циклу. У зв'язку з 125-річчям з дня народження Тараса Григоровича Шевченка 5 березня 1939 р Київському Державному університету присвоєно ім'я великого українського поета, який народився 9 березня (25 лютого) 1814 р у с. Моринці Черкаської області [7]. З 1944 р факультет називався геолого-грунтознавчим, а з 1949 р – геологічним. Самостійність геологічний і географічний факультети отримали у 1944 р. Перший випуск геологів відбувся у 1949 р.

Декани геолого-географічного факультету (1933-1944)

Першим деканом геолого-географічного факультету був **Володимир Іванович Крокос**, який народився 16 квітня 1889 р у м. Одеса [8]. У 1912 р закінчив Новоросійський університет в Одесі, де працював до 1922 р. Упродовж 1926-1936 рр завідував палеонтологічним



В. І. Крокос
(1889-1936)

відділом Геологічного інституту АН УРСР, одночасно з 1927 – професор кафедри загальної геології Київського університету народної освіти, завідувач цієї кафедри (1927-1933), декан геолого-географічного факультету (1933-1936).

Основні наукові дослідження В. І. Крокоса стосуються питань теоретичної геології, регіональної геології, палеонтології, палеонтології ссавців, геології антропогенних відкладів. Удосконалив методику вивчення лесів і розробив схему їх стратиграфічного розчленування та районування. Провадив гідрогеологічні дослідження й вивчив ґрунти на півдні України. Учні вченого: Н. М. Баранова, В. Г. Бондарчук, В. М. Ващенко, М. Г. Дяченко, К. А. Жуковський, Г. В. Закревська та ін.

Професор, геолог-четвертинник. Автор понад 100 наук. праць в т. ч. 1 підручника. Написав і видав перший підручник українською мовою "Курс палеозоології (Т. 1. Безхребетні; Т. 2. Хребетні)". Основні праці: Курс палеозоології. Ч. 1-2 К., 1931-1936; Посібник по методах і організації комплексної геологічної зйомки. К., 1933 (у співавт.); Некоторые вопросы четвертичной геологии Украины (1930); Ґрунти Вінничини. К., Т. 1. 1931; Четвертинна серія Чернігівського району. К., 1934.

Помер В. І. Крокос передчасно 26 листопада 1936 р в м. Одеса. Похований на Байковому цвинтарі у Києві.



М. К. Шматько
(1875-1946)

Михайло Капітонович Шматько народився 21 (8) листопада 1875 р в м. Сосниця Чернігівській області у сім'ї козаків-хліборобів [1]. Закінчив Ленінградський (Петербурзький) Гірничий інститут у 1914 р. Працював асистентом в цьому інституті на кафедрі аналітичної хімії до 1918 р. Організував і був завідувачем Чернігівського індустріально-агрономічного технікуму з 1920 до 1924 рр. Працював старшим інспектором

індустріально-технічної освіти при Наркоматі Освіти (1924-1927) і в Харківському Технологічному інституті: викладач (1924-1927) кристалографії та мінералогії, і професор (1927-1934). Після переїзду до Києва у 1934 р – помічник директора Української Філії інституту сировини (1934-1935). У Київському Державному університеті: професор кафедри мінералогії (1935-1937), декан геолого-географічного факультету за сумісництвом (1937-1938), завідувач кафедри мінералогії і кристалографії (1938-1941), професор цієї кафедри і одночасно декан геолого-географічного факультету (1943-1945), професор кафедри мінералогії і кристалографії (1945-1947), професор кафедри геофізики (1947-1948). Під час війни працював у Інституті хімії АН УРСР в Києві. Наприкінці 40-х років минулого століття працював за сумісництвом у Київському політехнічному та педагогічному інститутах.

Професор (1940). Фахівець в області глини та хімічного сировини. По лінії Інституту прикладної мінералогії проведені ґрунтовні дослідження по вивченню і освоєнню нових видів мінеральної сировини в УРСР, в тому числі для виробництва каолінів, глинозему і алюмінію, для розвитку петрургії та інших галузей. Був хорошим педагогом як лектор, так і методист. Ним складено низку підручників та методичних посібників з кристалографії та мінералогії і перший україномовний підручник мінералогії. Мав 20 друкованих праць, зокрема, Кристалографія. Ч. 1: Геометричні елементи кристалічних тіл / М. К. Шматко. – Харків: Держ. вид-во України, 1928. – 135 с.; Мінералогія: підручник / М. К. Шматко; Харківський технологічний інститут. – Харків; Одеса: Держ. вид-во України, 1930. – 251 с.

Помер 1 січня 1946 р.

Ізраїль Феліксівич Мукомель народився 19 квітня 1906 р в м. Херсон у сім'ї міщан [2]. Закінчив у 1928 р Одеський інститут народного господарства та аспіранту (Одеського державного університету) при Науково-дослідному інституті географії Київського державного університету (КДУ) в 1936 р.



І. Ф. Мукомель
(1906-1975)

У Київському університеті: старший викладач (1936-1938), декан геолого-географічного університету і доцент кафедри економічної географії (1938-1941). З 1941 по 1946 рр знаходився в Радянській Армії.

З 1946 р – доцент кафедри економічної географії і одночасно працював заступником директора інституту географії при КДУ до 1951 р. На факультеті читав курси: "Географія сільського господарства СРСР", "Економічне районування СРСР", "Економічна географія СРСР".

Фахівець у галузі розміщення і зональної спеціалізації, районування та картографування сільськогосподарського виробництва УРСР. Основний напрям наукової роботи І. Ф. Мукомеля – географія сільського господарства. В практиці сільського районування кожна із зон одержує назву саме за провідними, найбільш товарними галузями господарства. Він розрізняв зернові, бурякові, льонарські та інші сільськогосподарські зони. Серед факторів, які дослідник вважав рушійною силою розвитку сільського господарства, він виділяв рівень індустріального розвитку країни в цілому і окремих економічних районів, розміщення міських і промислових центрів, а також промисловості, що переробляє сільськогосподарську сировину та місце експорту сільськогосподарської продукції. І. Ф. Мукомель вперше у колишньому СРСР підготував комплексний тематичний "Атлас сільського госпо-

дарства Української РСР" (1958). Він є автором карт розміщення й спеціалізації сільського господарства в "Атласе сільського господарства СРСР" (1960), "Атласе Украинской и Молдавской ССР" (1962), сільськогосподарської тематики періодично поновлюваної шкільної "Економічної карти Української РСР" у 50-70-х роках минулого століття. Автор 72 наукових робіт, в тому числі 10 монографічних досліджень, зокрема: Сельскохозяйственные зоны УССР. Закономерности развития и методика экономико-географического исследования сельскохозяйственных зон. К., 1954. Ч. 1; Сільськогосподарські зони Української РСР. К., 1961; Научно-методические основы территориальной организации сельского хозяйства / Вопросы территориальной организации сельского хозяйства Украинской ССР: В 2-х ч. К., 1969; Атлас сільського господарства Української РСР. К., 1958; Карти розміщення й спеціалізації сільського гос-ва в "Атласе Украинской и Молдавской ССР". К., 1962.

Кандидатська дисертація (1940), докторська "Сільськогосподарські зони Української РСР" (1965). Кандидат географічних наук (1940), доцент (1940), доктор географічних наук (1970), професор. Нагороджений 5-ма медалями, зокрема, "За заслуги" (1944) та "За победу над Германией" (1945).

Помер 27 квітня 1975 р у м. Одеса.

Декани геолого-грунтознавчого факультету (1945-1949)

Борис Олександрович Гаврусевич народився 21 грудня 1908 р у м. Житомир у родині вчителів [3]. Закінчив Волинський індустріальний політехнікум у 1928 р та аспірантуру в Інституті мінералогії та геохімії АН СРСР у 1935 р.

У 1929-1930 рр брав участь у Тянь-Шанській і Памірських експедиціях. Завідував кафедрами Свердловському (1935-1938) та Пермському (1938-1942) Державних університетах і протягом 1935 – 1941 рр викладав в цих закладах. У період з 1936 по 1938 рр читав курс з геохімії у Східно-Сибірському Державному університеті у м. Іркутськ. З 1942 по 1944 рр працював старшим інженером та начальником експедиції "Уралц-ветметразведки" (м. Свердловськ). У Київському університеті: професор (1945-1955), декан геолого-грунтознавчого факультету (1945-1948), завідувач кафедри мінералогії і геохімії (1945-1952), в.о. завідувача цієї кафедри (1952-1955), в.о. професора (1955-1959), в.о. завідувача цієї кафедри (1955-1958), в.о. доцента (1959-1965). На факультеті читав цілу низку курсів: загальна геохімія, геохімія і мінералогія рідкісних елементів, геохімічні методи пошуків та радіогеологія.

Чудовий мінералог-діагност, він доклав чимало зусиль для відновлення роботи мінералогічного музею, поповнення і розширення колекції мінералів, запровадив визначення за парагенезисом конкретних родовищ і їх походження. Фахівець в галузі питань: теоретичної геохімії, регіональної мінералогії, геохімії рідкісних та радіоактивних елементів, історії науки. У 1958 р на підставі геохімічних даних спрогнозував наявність власних мінералів берилію на північній Житомирщині, де недовзі було відкрито унікальне родовище (Пержанське) цього елементу.

Кандидат геологічних наук (1936), мінералог-геохімік. Автор понад 80 праць, зокрема, Гаврусевич



Б. О. Гаврусевич
(1908-1965)

вич Б. А., 1931 Материалы к минералогии и геохимии пегматитов села Листвяничного в Прибайкалье. Труды Байкальской геохимической экспедиции 1931 г., СОСП А. Н. Вып. 1; Гаврусевич Б. А. 1934 О составе флогопитов в зависимости от генетических типов-фаз флогопитового процесса. Труды Ломоносовского института АН. 1934, вып. 5, стр. 99 – 111; Гаврусевич Б. А. 1936 О распространении редкоземельных и радиоактивных элементов в Прибайкалье. Сборник в честь 50-летия научной и педагогической деятельности В.И. Вернадского. Издание АН СССР 1936 г.; Гаврусевич Б. А. О минералах группы канкринит-вишневата // Наук. зап. / КДУ ім. Т. Г. Шевченка. – 1948. – Т. 7, вип. 5. – С. 5–9.: табл.; Гаврусевич Б. О. До проблеми стратиграфії докембрію // Геол. журн. – 1948. – Т. 9, вип. 1/2. – С. 108–115.

Помер 27 березня 1965 р., похований на Байковому цвинтарі в Києві.

Сергій Петрович Родіонов народився 8 жовтня 1898 р., в м. Сергієво, тепер м. Загорськ Московської області в родині селян [4]. Вступив добровольцем до Червоної армії, де пройшов шлях від рядового до полковника – командира батальйону зв'язку (1918-1928). Закінчив Дніпропетровський гірничий інститут у 1929 р. У період з 1928 по 1931 рр.: асистент кафедри мінералогії Дніпропетровського гірничого інституту і начальник бокситової партії Українського Геологічного тресту. Викладав мінералогію в декількох закладах: Дніпропетровському гірничому інституті (1929-1931), Криворізькому гірничому інституті (1931-1935), Київському геологорозвідальному технікумі (1935-1941). С.П. Родіонов був задіяний у багатьох сферах: заступник головного інженера Українського Геологічного Управління (1935-1938), старший науковий співробітник (1935-1948) та заступник директора Інституту геології АН УРСР (1938-1941), командир саперних батальйонів (1941-1944). У Київському університеті: професор кафедри мінералогії (1945-1946), завідувач кафедри мінералогії та кристалографії (1946-1951), декан факультету (1948-1951).

Сфера його наукових інтересів: дослідження залізрудних формацій України, архейських утворень УЩ, у т.ч. порід тетерівсько-бузької серії, чарнокітового комплексу, карбонатних інтрузій.

Кандидатська дисертація "Кременчугский железорудный бассейн" (1937), докторська дисертація "Метаморфізм кристалічних сланців Великого Кривого Рогу" (1946). Професор (1947), член-кореспондент АН УРСР (1951), професор Криворізького та Київського гірничо-геологічних інститутів та Київського Державного університету (1950-1961), петрограф. Автор близько 120 праць, зокрема: Железрудные месторождения Украины. К., 1939; Прогнозная карта Большого Кривого Рога. К., 1949; Закономерности размещения формаций в докембрии УССР. К., 1954; Вулканы и землетрусы. К., 1947; Кам'яне вугілля. К., 1948. За його сприяння розпочала роботу лабораторія рентгеноструктурного аналізу – перша на той час у вищих закладах УРСР. С.П. Родіонов багато доклав зусиль до розбудови Мінералогічного музею. Займався питаннями історії розвитку геологічних досліджень, слід згадати таку працю – "Геологические науки в Киевском университете (XIX и начало XX века). Очерки по истории геологических зна-



С. П. Родіонов
(1898-1961)

ний" (1954). Був педагогом та популяризатором геологічної науки. З під його пера вийшли такі брошури як "Вулкани і землетруси" (1947), "Походження залізної руди та способи її обробки" (1947), "Кам'яне вугілля" (1948), "Геологічне минуле України і багатства її надр" (1955), "Як люди дізналися про внутрішню будову Землі" (1956). Нагороджений двома орденами Червоної Зірки та медалями: "За бойові заслуги", "За оборону Сталінграда", "За перемогу над Німеччиною".

С.П. Родіонов раптово помер 2 травня 1961 р. Похований на Байковому цвинтарі в Києві.

Декани геологічного факультету (з 1949)

Федір Андрійович Руденко народився 15 лютого 1912 р. в с. Носівка, тепер Ніжинського району Чернігівської області. У Київському університеті: 1950-1984: доцент (1950-1951), декан геологічного факультету (1951-1968), завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології (1952-1976), професор (1977-1986), завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології (1953-1976). Започаткував викладання нових навчальних дисциплін: "Динаміка підземних вод", "Механіка ґрунтів", "Гідрогеохімія" та інших. Під його керівництвом вперше в Україні було підготовлене монографічне видання, відоме як 5-ий том багатотомного видання "Гідрогеологія СРСР".



Ф. А. Руденко
(1912-1986)

Був вченим широко профілю. Дослідив гідрогеологію України для вирішення народногосподарчих завдань, що пов'язані з використанням підземних вод. Приділяв увагу гідрогеологічному районуванню України, охороні підземних вод, займався термальними водами. Нагороджений орденами Нагороджений орденом Олександра Невського, двома орденами Вітчизняної війни І, ІІ ступенів, орденом Леніна та 5-ма медалями.

Доктор геолого-мінералогічних наук, докторська дисертація "Гідрогеология Украинского кристаллического массива" (1955). Професор, гідрогеолог. Автор україномовного підручника "Гідрогеологія". Підготував близько 200 наукових праць, в т.ч. 12 монографій і 3 підручників, зокрема, Гідрогеологія: Підруч. К., 1959; Гідрогеологія Українського кристалічного масиву: Монографія. К., 1960; Гідрогеологія СРСР: Монографія. 1972. Т. 5. Підготував 11 кандидатів наук.

Помер 13 грудня 1986 р., похований на Лісовому кладовищі Києва.

Михайло Федорович Скопиченко народився 7 листопада 1912 р. в с. Свидовець Бобровицького району Чернігівської області у родині селян. Учасник Фінської та Великої Вітчизняної війни (1939-1946). Закінчив Київський університет (1950) та аспірантуру (1953). У Київському університеті: старший лаборант (1948), асистент (1950), старший викладач, доцент, завідувач кафедри геофізичних методів пошуків та розвідки корисних копалин (нині, кафедра геофізики) (1962-1976), декан геологічного факультету (1968-1976). Під час його керівництва 31 грудня 1968 р. відбулося відкриття корпусу геологічного та географічного факультетів. Цей чотирьохпо-



М. Ф. Скопиченко
(1912-1995)

верховий будинок на вул. Васильківській, 90 спроектував архітектор Л.Б. Каток.

Завдяки безпосередньому сприянню М. Ф. Скопиченка, створено галузеву лабораторію геоелектричних досліджень, яка виконувала низку важливих наукових робіт в Україні, Туркменії та Росії. Він займався проблемами застосування електророзвідки для вирішення геологічних та інженерно-геологічних задач, глибинною геологічною будовою західного схилу УЩ, розробкою гравітаційної моделі земної кори цього регіону. Значну увагу приділяв електророзвідувальним дослідженням, вивченню глибинної геологічної будови інших регіонів України за геофізичними даними, вивченню умов залягання різних геологічних об'єктів на основі комплексного узагальнення геофізичних даних. Був членом редколегії "Української радянської енциклопедії" з питань геофізики.

Кандидатська дисертація "Геологическое строение Центрального Причерноморья по данным геофизики" (1953). Кандидат геолого-мінералогічних наук (1953), доцент, геофізик. Автор понад 20 наукових праць, зокрема, Головчин В.М., Скопиченко М.Ф. Електрична розвідка корисних копалин: Підручник. К.: Видавництво Київського університету, 1961. – 286 с.; Скопиченко М.Ф. Багатства надр України: Монографія. К., 1969. Нагороджений орденами: Вітчизняної війни (1943), Червоної Зірки (1944), медалями: "За оборону Ленінграда" (1942). "За Перемогу у Великій Вітчизняній війні" (1945).

Помер 11 квітня 1995 р.

Вадим Антонович Сліпченко народився 7 травня 1921 р в с. Компаніївка Кіровоградської області в родині службовців. Служив у Радянській армії (1939-1945). Закінчив Київський університет у 1950 р. На геологічному факультеті працював з 1950 р до 1989 р на посадах: асистент (1951-1956), доцент (1956-1980), професор (1980-1984), завідувач кафедри петрографії (1958-1980) та декан (1976-1985).

Розвивав практичні методи у галузі кристалооптики, теодолітному методу Є.С. Федорова, шліховому аналізу тощо. Приділяв увагу популяризації і впровадженню петрографічних методик при проведенні досліджень прикладного характеру на підприємствах та в інститутах Києва. В спецкурсах ним узагальнені і одержали розвиток найновіші досягнення в галузі петрології. Вивчав склад та поширення вулканічних та дайкових порід в Приазов'ї, проводив тематичні дослідження з петрографії, геохімії та мінералогії гранітоїдів Західного Забайкалля. Свої зусилля спрямував на розширення наукових досліджень Середньої Азії, Кавказу, Карпат та Криму.

Кандидатська дисертація "Петрологія базитових дайок Приазов'я" (1958). Доцент, петрограф. Автор понад 80 наукових праць, співавтор монографічних видань: Справочник по петрографии Украины. К., 1975; Петрохимические методы исследования горных пород. К., 1981. Учасн. бойових дій у Великій Вітчизняній війні. Нагороджений орденом Вітчизняної війни I ступеня, медалями: "За відвагу", "За взяття Відня", "За перемогу над Німеччиною у Великій Вітчизняній війні 1941-1945 рр", "За доблесну працю", двома "За відмінні успіхи у праці", "Радянсько-Китайська дружба" – всього 1 орден та 20 медалей.

Помер 3 травня 1999 р, похований у м. Києві.



В. А. Сліпченко
(1921-1999)

Анатолій Георгійович Солдак народився 24 жовтня 1926 р у Києві. У 1950 р закінчив геологічний факультет Київського університету. У Київському університеті: асистент (1953-1954), старший викладач (1954-1955), доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології (1955-1978), завідувач цієї кафедри (1978-1988), декан геологічного факультету (1985-1988).

Сфера наукових досліджень А.Г. Солдака: гідромеліоративне районування степової зони України. За його сприяння вирішувались проблеми меліоративної гідрогеології, гідромеліоративного районування степової зони України і була створена база на х. Жуків з метою проведення бурової та гідрогеологічної навчальних практик. Займався прогнозом зміни меліоративно-гідрогеологічних умов при зрошенні земель, вивчення процесів соленакопичення в ґрунтах зони аерації, умови формування сольового режиму.

Кандидатська дисертація "Аллювиальные воды долины Нижнего Днепра" (1954), кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент, гідрогеолог. Автор близько 50 наукових праць, в т.ч. 2 навч. посібників та монографії, зокрема, Польова гідрогеологія. Навч. посібник. – К., Регіональна меліоративна гідрогеологія. Навч. посібник. – К., 1987; Основи регіональної меліоративної гідрогеології. Монографія. – К., 1984. Член науково-методичної ради Мінвузу СРСР, член науково-методичної ради Київського університету. Нагороджений владою Камбоджа командорським орденом "Высшей гражданской славы". Учасник Великої Вітчизняної війни.

Помер 1 січня 1993 р у Києві.

Віктор Степанович Шабатин народився 27 жовтня 1934 р в с. Петровське, Таращанського району, Київської області. У 1963 р закінчив геологічний факультет Київського університету. У Київському університеті: інженер начальник експедиції НДС ун-ту (1963-1965), лекційний асистент (1965-1968), старший інженер кафедри фізичної хімії (1968-1969), старший науковий співробітник геологічного факультету (1969), асистент кафедри гідрогеології та інженерної геології (1969-1972), старший викладач (1972-1977), доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології (1977-1980), заступник декана (1980-1988), декан геологічного факультету (1988-1999).

Завдяки його зусиллям було створено: обчислювальний центр, який обладнаний сучасною технікою, науково-навчальний центр мінерало-геохімічних досліджень, реорганізовано базу проходження навчальних практики зі спеціальності "гідрогеологія". Сфера наукових досліджень: вивчення умов формування підземних вод в районах степової та лісостепової зон України, змін гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов під впливом інженерної діяльності людини (меліоративне та гідротехнічне будівництво), проблеми гідрогеології у зв'язку з охороною геологічного середовища.

Кандидатська дисертація "Условия формирования подземных вод Украинского щита в пределах лесостепной зоны" (1971). Кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент, гідрогеолог.



А. Г. Солдак
(1926-1993)



В. С. Шабатин
(нар. 1934)

Автор 98 наукових праць, в т.ч. 5 монографій і 1 підручника, зокрема: Регіональна інженерна геологія. Навч. посібник. – К., 1989; Геологорозвідувальна справа: гірничі, підривні, бурові роботи. Підручник. – К., 1996.

Заслужений діяч науки й техніки України. Має авторське свідоцтво на винахід – "Устройство для очистки откосов, каналов, дамб".

Грінченко Віктор Федорович народився 12 березня 1941 р у с. Підступне Цюрупінського району Херсонської області. Закінчив у 1969 р геологічний факультет Київського університету. У Київському університеті на кафедрі мінералогії, геохімії та петрографії (1969-2005): старший науковий співробітник (1974-1976), старший викладач, доцент (1976-1986), професор (1986-2000), заступник декана з навчальної роботи (1992-1999), завідувач кафедри мінералогії, геохімії та петрографії і одночасно декан геологічного факультету (1999-2004).



В. Ф. Грінченко
(нар. 1941)

На час його керівництва вдосконалюється навчальний процес, залучені видатні вчені з Академії наук України, збільшилося фінансування договірних тем, зовні реконструйовано корпус факультету. Фахівець з типізації, послідовності формування та генезису овоїдів польових шпатів в породах північно-західної частини УЩ, вивчення типоморфних ознак породоутворюючих та акцесорних мінералів з метою використання їх для визначення відносного віку вміщуючих порід, розробки стратиграфо-формаційної моделі розвитку Волинського мегаблоку в докембрії.

Кандидатська дисертація "Особенности минералогического состава, строения и распределения полевых шпатов и биотита в гранитоидах северо-западной части Украинского щита" (1976), докторська дисертація "Еволюційно-формаційна модель розвитку Волинського мегаблоку в докембрії" (1999). Професор, доктор геологічних наук, мінералог. Член українського мінералогічного товариства.

Автор 70 наукових праць, у т.ч. 5 монографій, та власник 1 авторського свідоцтва на винаходи. Основні праці: Еволюція типоморфних ознак мінералів в умовах метаморфізму та метасоматозу. К., 1996; Стратиграфо-формаційна модель розвитку Волинського мегаблоку в докембрії. К., 1998; Кристалографія. Ч. 1-2. К., 1996 (2001).

Відмінник народної освіти України. Нагороджений грамотою Верховної Ради України.

Сергій Андрійович Вижва народився 2 квітня 1960 р у с. Заріччя Володимир-Волинського району Волинської області. Закінчив геологічний факультет (1982) і аспірантуру кафедри геофізичних методів пошуків та розвідки родовищ корисних копалин Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка (1985). Праця на виробництві: геофізик (1985-1987), начальник загону (1987-1989), головний інженер Комплексної геофізичної партії Виробничого геологічного об'єднання "Північкргеологія". У Київському університеті: провідний інженер Базової петрофізичної лабораторії Науково-дослідної частини геологічного факультету (1989-1992), асистент (1992-1997), доцент (1997-2002), в.о. завідувача кафедри геофізики (2002-2004), за-



С. А. Вижва
(нар. 1960)

відувач кафедри геофізики (2004-2007), в.о. завідувача кафедри (з 2008 р), декан (2007-2012), проректор з наукової роботи університету (з 2012 р).

Завдяки активній участі С. А. Вижви розвиваються міжнародні зв'язки, щорічно проводяться конференції, створено лабораторію петрофізичних досліджень.

Кандидатська дисертація "Розробка математичного моделювання акустичних характеристик складнопобудованих порід-колекторів нафти і газу" (1996), докторська дисертація "Теорія та методологія комплексної геодинамічної інтерпретації даних геофізичного моніторингу небезпечних геологічних процесів" (2004). Доктор геологічних наук (2004), професор (2005), геофізик. Фахівець у галузі інженерної та екологічної геофізики, математичного моделювання випадкових процесів і полів, дослідження складнопобудованих порід-колекторів нафти і газу, геофізичного моніторингу небезпечних геологічних процесів. Під його керівництвом захищено 3 докторські та 13 кандидатських дисертацій.

Автор понад 200 наукових праць, в т.ч. 4 монографій та 2 підручників, зокрема, Вижва С. А. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів: Монографія – К.: ВГЛ "Обрії", 2004. – 236 с.; Коржнев М. М., Вижва С. А., Кошляков О. Є. та ін. Екологічна геологія: Підручник. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2006. – 235 с.; Вижва С. А., Винниченко О. Б., Кендзера О. В. Вплив природних і техногенних процесів на потенційно небезпечні об'єкти. Монографія – К.: ВПЦ "Київський університет". 2008. – 239 с.; Вижва С. А., Онищук І. І., Черняєв Л. П. Ядерна геофізика: підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 608 с.

Стипендіат Кабінету Міністрів України (1994-96). Нагороджений відомчими відзнаками Державної геологічної служби – медаллю Л. І. Лутугіна (2007), знаком "Почесний розвідник надр" (2009), медаллю В. І. Лучицького (2011), відзнаками Голови Київської міської Держадміністрації – Почесною грамотою (2002), "Знаком Пошани" (2007), Почесною грамотою Кабінету Міністрів України (2004). Присвоєно почесне звання "Заслужений працівник освіти України" (2009). Нагороджений Почесною грамотою НАК "Нафтогаз України" (2012).

Володимир Альбертович Михайлов народився 12 липня 1951 р в Києві. Закінчив у 1973 р геологічний факультет Київського університету. Праця на виробництві: геолог, головний геолог, начальник геологорозвідувальної партії Приморської геологорозвідувальної експедиції, м. Владивосток (1973-1998), старший геолог по контракту "Зарубежгеологія" в Алжирській НДР (1988-1992), експерт золотодобувних компаній "Pioneer Goldfields" та "Teberebie Goldfields" в Нігері та Гані (1998-1999). З 1999 працює в Київському університеті на кафедрі геології родовищ корисних копалин: доцент (1999), завідувач кафедри (2004), професор (2005), 2004-07 декан геологічного факультету (2004-2007, з 2013). Викладає курси: "Геотектоніка", "Регіон. геотектоніка з основами металогенії", "Металогенія золота". Сфера наук. досліджень: прогнозно-металогенічні дослідження та пошуково-розвідувальні роботи на Далекому Сході, в Алжирі, Нігері, Гані, Ірані, Гвінеї, Вірменії; металогенія золота, кольорових та рідкісних металів, економіка мінеральної сировини.

Кандидатська дисертація "Магматизм вулканотектонических структур южной части Восточно-Сихотэ-



В. А. Михайлов
(нар. 1951)

Кандидатська дисертація "Магматизм вулканотектонических структур южной части Восточно-Сихотэ-

Алимського вулканічного пояса" (м. Владивосток, 1986), докторська дисертація "Металогенія золота протерозойських зеленокамянних структур (на прикладі Західно-Африканського кратона)" (м. Київ, 2003). Дійсний член РГТ (1995-97); член AAPG (American Association of Petroleum Geologists) та IAGOD (International Association of Geology of the Ore Deposits); член Українського мінералогічного товариства, голова Вченої ради Київського університету (2004-2007); голова спеціалізованої Вченої ради Київського університету по захисту дисертацій (з 2007), член спеціалізованої Вченої ради Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України та МНС України (з 2004); член (2005-2007) і заступник голови (2007) експертної ради "Геологія" ВАК України; голова науково-методичної комісії "Геологія" МОН (з 2005); член секції "Геологія" Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки (з 2006). Під його науковим керівництвом захищено 2 докторські та 6 кандидатських дисертаційних робіт.

В. А. Михайлов доклав багато зусиль для залучення іноземних лекторів, участі співробітників факультету у міжнародних дослідженнях, зокрема в країнах Африки, сприяв співпраці з закордонними закладами та організаціями. Сфера наукових досліджень: прогнозно-металогенічні дослідження та пошуково-розвідувальні роботи на Далекому Сході, в Алжирі, Нігері, Гані, Ірані, Гвінеї, Вірменії; металогенія золота, кольорових та рідкісних металів, економіка мінеральної сировини, нетрадиційні джерела вуглеводнів.

Доктор геологічних наук (2003), професор (2005), рудознавець.

Автор понад 200 наук. праць, 12 монографій, 10 підруч. і навч. посіб., зокрема, Магматизм вулканотектонических структур Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса: Монография. Владивосток, 1989; Металлогенія золота зеленокаменних структур докембрія: Монография. К., 2002; Урановые руды мира. Геология, ресурсы, экономика. К., 2004; Загальна геотектоніка з основами геодинаміки. К., 2005 (у співавт.); Металічні корисні копалини України. К., 2007 (у співавт.); Неметалічні корисні копалини України. К., 2008 (у співавт.).

Нагороджений пам'ятним знаком ім. Л.І. Лутугіна "За заслуги в розвідці надр" (2005). Почесний розвідник надр (2004), грамота Кабінету Міністрів України (2009).

На основі архівних даних були встановлені назви факультету і періоди керування деканів. Деканами геологічного напрямку в Київському університеті були: геолого-географічного факультету – В. І. Крокос (1933–1936), М. К. Шматько (1937–1938, 1943–1945), І. Ф. Мукомель (1938–1941), геолого-грунтознавчого факультету – Б. О. Гаврусевич (1945–1948), С. П. Родіонов (1948–1949), геологічного факультету – С. П. Родіонов (1949–1951), Ф. А. Руденко (1951–1968), М. Ф. Скопиченко (1968–

1976), В. А. Сліпченко (1976–1985), А. Г. Солдак (1985–1988), В. С. Шабатин (1988–1999), В. Ф. Грінченко (1999–2004), В. А. Михайлов (2004–2007, з 2013), С. А. Вижва (2007–2012). Серед деканів були: один географ (І. Ф. Мукомель), двоє геофізиків (М. Ф. Скопиченко, С. А. Вижва), три гідрогеолога (Ф. А. Руденко, А. Г. Солдак, В. С. Шабатин) і сім геологів (В. І. Крокос, М. К. Шматько, Б. О. Гаврусевич, С. П. Родіонов, В. А. Сліпченко, В. Ф. Грінченко, В. А. Михайлов).

Висновки. В роботі зібрано біографічні дані про набуття геологічного досвіду та наукові досягнення деканів. Матеріал охоплює широке коло їхньої діяльності. Уточнено за архівними даними зі справ деканів (М. К. Шматько, І. Ф. Мукомеля, Б. О. Гаврусевича та С. П. Родіонова) періоди факультету геологічного спрямування: геолого-географічний (1933–1944), геолого-грунтознавчий (1944–1949) і геологічний (з 1949).

Список використаних джерел:

1. Архів КНУ імені Тараса Шевченка., (1948–58). Спр. 58-ппс (М. К. Шматько).
Archive of Taras Shevchenko National University of Kyiv., (1948–58). File No. 58 – pps (M. K. Shmatko).
2. Архів КНУ імені Тараса Шевченка., (1930–59). Спр. 343-ппс (І. Ф. Мукомель).
Archive of Taras Shevchenko National University of Kyiv., (1930–59). File No. 343 – pps (J. F. Mukomel).
3. Архів КНУ імені Тараса Шевченка., (1945–65). Спр. 110-ппс (Б. О. Гаврусевич).
Archive of Taras Shevchenko National University of Kyiv., (1945–65). File No. 110 – pps (B. O. Gavrussevych).
4. Архів КНУ імені Тараса Шевченка. Спр. (С. П. Родіонов).
Archive of Taras Shevchenko National University of Kyiv. File (S. P. Rodionov).
5. Відділення наук про Землю Національної Академії наук України, (2003). К., 271 с.
Department of Earth Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine, (2003). Kyiv, 271 p. (In Ukrainian).
6. Геологія в Київському університеті / С. А. Вижва, П. І. Гришук, О. В. Зінченко, та ін.; за ред. проф. В. І. Павлишина, (2011). К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 479 с.
Geology at the University of Kyiv / S. A. Vyzhva, P. I. Gryshchuk, A. V. Zinchenko et al; Ed. prof. V. I. Pavlyshyn, (2011). Kyiv publishing center "Kyiv University", 479 p. (In Ukrainian).
7. Імена славних сучасників, (2004). К.: Світ Усміху, 287 с.
Names of famous contemporaries, (2004). K.: Success of World, 287 p. (In Ukrainian).
8. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, (2004). ВПЦ "Київський університет", 184 с.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, (2004). Publishing Center "Kyiv University", 184 p. (In Ukrainian).
9. Нариси з історії геологічних досліджень у Київському університеті / Під ред. проф. В. Г. Молявка, доц. О. В. Зінченка, (1999). К., 287 с.
Essays on the history of geological studies at the Kyiv University / Ed. prof. V. G. Molyavko, Assoc. Prof. O. Zinchenko, (1999). Kyiv, 287 p. (In Ukrainian).
10. Энциклопедический справочник "Киев", (1982). К.: Главная редакция УСЭ, 703 с.
Encyclopedic Handbook "Kiev", (1982). K.: General editing USE, 703 p. (In Russian).

Надійшла до редколегії 25.05.14

P. Hryshchuk, Cand. Sci. (Geol.), Assos. Prof.,
Tel.: +38(099) 114-97-37, E-mail: pavel@univ.kiev.ua
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

THE GEOLOGICAL FACULTY OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV: THE DEANS

This article is a tribute to the deans' contribution to increasing the profile of the Geological Faculty, as well as their academic and scientific achievement. Personnel records were used as the main source of information about the deanship to compile data on the personalities and their administrative, academic and scientific work. The result is a chronological account of the faculty leaders' activities tracing the evolution of the geological department at Kyiv University: Geology and Geography (1933–1944), Geology and Edaphology (1944–1949) and, finally, Geology (1949). The article outlines the most important stages in the development of the geological department of Kyiv University since it was founded in 1933 to May 2014. Reference material about the deans of the faculty includes details of their qualifications, managerial, scientific and social activities, improving the strategy and schemes of geological training, major works and awards.

Keywords: Taras Shevchenko National University of Kyiv, Geological and Geographical Faculty, Geology and Edaphology Faculty, Faculty of Geology, Geological Faculty deans, V. I. Krokos, M. K. Shmatko, J. F. Mukomel, B. A. Gavrussevych, S. P. Rodionov, F. A. Rudenko, M. F. Skopichenko, V. A. Slipchenko, A. G. Soldak, V. S. Shabatyn, V. F. Grynchenko, V. A. Mykhailov, S. A. Vyzhva.

П. Гришук, канд. геол. наук, доц., pavel@univ.kiev.ua,
Тел. +38(099) 114-97-37,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, ул. Васильківська, 90, г. Київ, 03022 Україна

ДЕКАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА КИЕВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО

Цель статьи заключается в описании деятельности деканов геологического направления образования в Киевском университете, их роли в научной и учебной деятельности. Для написания исторических очерков о выдающихся персоналиях, в качестве основного источника информации о творческом пути, о послужном списке, характеризующем педагогический и научный вклад, были использованы личные дела из архива Киевского университета. Результатом является описание деятельности лиц, которые руководили факультетом геологического образования в Киевском университете. Научная новизна заключается в хронологическом установлении названий факультета геологического направления: геолого-географический (1933-1944), геолого-почвоведческий (1944-1949) и геологический (с 1949). Практическая значимость работы – это свод информации о деканах факультета геологического направления за исторический период развития геологического образования в Киевском университете со времени основания факультета в 1933 г. по май 2014 г. Данные о деканах включают высшее образование, занимаемые должности, научную деятельность, вклад в геологическое обучение, общественная деятельность, основные труды и награды.

Ключевые слова: Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, геолого-географический, геолого-почвоведческий, геологический факультет, деканы геологического факультета, В. И. Крокос, М. К. Шматько, И. Ф. Мукомель, Б. А. Гаврусевич, С. П. Родионов, Ф. А. Руденко, М. Ф. Скопиченко, В. А. Слипченко, А. Г. Солдак, В. С. Шабатин, В. Ф. Гринченко, В. А. Михайлов, С. А. Выжва.

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.4:551.79(439-282.243.7)

А. Мадьяр, географ,

С. Фабіан, PhD, викладач, E-mail: smafu@gamma.ttk.pte.hu,

I. Ковач, PhD, викладач, E-mail: vonbock@gamma.ttk.pte.hu,

Г. Варга PhD, викладач, E-mail: gazi@gamma.ttk.pte.hu
Інститут географії Пейчського Наукового Університету,
вул. Іфюшаг, 6., Пейч, Н-7624 Угорщина

Б. Радванські, стипендіант-постдокторант
Erasmus Mundus Partnership for Belarus, Ukraine and Moldova (EMP-AIM)
в Київському Національному Університеті імені Тараса Шевченка

E-mail: radberti@gamma.ttk.pte.hu
Пр. Акад. Глушкова, 2а, м. Київ, Україна

М. Ковач PhD-аспірант, E-mail: monyi5@gamma.ttk.pte.hu
Докторська школа Землезнавчих наук
Пейчського Наукового Університету,
вул. Іфюшаг, 6., Пейч, Н-7624 Угорщина

М. Шобускі, PhD-аспірант, E-mail: mateusz.sobucki@gmail.com
Інститут Географії та Просторової Науки
Краківського Ягеллонського Університету,
вул. Гроностайова, 7, Краков, 30-387, Польща

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО РОЗВИТКУ ПОВЕРХНІ ПАКШ–ДУНАКЕМЛЕДСЬКИХ ЛЕСОВИХ ВИСОКИХ (НАДЗАПЛАВНИХ) БЕРЕГІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії канд. геол. наук О.І. Меньшовим)

Часто повторювані гравітаційні схилі процеси відносяться до пріоритетних джерел небезпечних природних явищ в Угорщині. За минуле півстоліття вони загрожували декільком ділянкам високих надзаплавних терас на правому узбережжі Дуная, у тому числі, й території поселення Дунакемлед. Причини їх виникнення загальновідомі: Дунай розмиває ділянку високих надзаплавних берегів, утворених лесом і лесоподібними формуваннями. У раніше проведених інженерно-геологічних дослідженнях, в основному, вивчали придунайські території, а також території поблизу міста Пакш. У Дунакемледі та на територіях за надзаплавними високими берегами впродовж останніх 10 років виявили нові схилі переміщення. Вивчення цих поверхневих процесів надзвичайно важливе для місцевого самоврядування та населення. За дослідженням руїн стародавньої римської фортеці (Lussonium) можна визначити сторічний коефіцієнт відступу берегової стіни. Для локалізації сучасних рухів, окрім багаторазового обходу території, було проведено анкетування населення, у якому, серед іншого, враховували вік будинків, що постраждали від ерозії, та матеріал, з якого вони побудовані. За останню декаду 19 % жилих будинків постраждали від ерозії. Найбільш уражені схили яру Верешмалом північної та західної експозиції. Можна зробити висновки, що надзаплавні високі береги, окрім крайньої частини, яка у минулому безпосередньо розмивалася, також знаходяться під загрозою внаслідок не тільки природних причин, але й антропогенних, оскільки будинки у багатьох випадках будувалися поблизу ерозійних берегових стін.

Ключові слова: сучасні геоморфологічні процеси, берегова ерозія, зсуви, лесові відклади, Дунай, четвертинний період.

Вступ. Гравітаційні схилі переміщення – один з найголовніших та найнебезпечніших геоморфологічних процесів в Угорщині [20]. Хоча, порівняно з іншими сучасними поверхневими процесами, мають свій вплив на навколишнє середовище обмежено, на невеликій території, вони становлять загрозу на чітко визначених територіях [32]. Серед процесів сповзання поширені зсуви, найхарактерніші на берегах річок Угорщини, наприклад, біля рр. Гернад, Раба та Дунай, на південь від м. Будапешт, вони загрожують безпосередньо підмитим активним правим берегам Дунаю на шістьох ділянках:

Ерд, Ерчі, Кульч–Дунауйварош, Дунафельдвар–Бельчке, Дунакемлед–Пакш та Бата–Могач. Протягом пізнього плейстоцену та голоцену, внаслідок підмивання водами Дунаю, утворилися стіноподібні береги висотою приблизно 20–60 м, складені лесом і лесоподібними відкладами [19]. Після відомого зсуву біля м. Дунауйварош 29 лютого 1964 р розпочався період активного дослідження та було створено серію інженерно-геологічних карт про найважливіші населені пункти (Кульч, Дунауйварош, Пакш та ін.), яких торкнувся небезпечний процес [15]. За останні 50 років для надза-

плавних берегів великих річок Середньої та Східної Європи характерні регулярно повторювані схилі процеси сповзання [29; 16; 6; 3; 4; 35].

Мета дослідження – вивчити зв'язок між виникненням сучасних поверхневих рухів та забудованим середовищем у районі Пакш–Дунакемлед. На території дослідження, незважаючи на всі запобіжні заходи, зсувні процеси регулярні, але не тільки на активній придунайській ділянці, а й уздовж стариці т.з. Імшошського русла, а також у бічній долині, врізаній з напрямку Імшош [1], у нижній ділянці яру Верешмалми, на західному схилі хребта Луссоній. Під час останніх переміщень (приблизно 2003–2008 рр) було пошкоджено декілька житлових будинків, головну автомагістраль № 6 та залізницю, яка обслуговує Пакшську АЕС; згодом все це було підсилене й перебудоване. Під час роботи здійснили вивчення причин зсувів, просторового розповсюдження рухів, провели інженерно-геологічний огляд житлових будинків, яким загрожує небезпека. Для цього використовували наявну геоморфологічну карту [9], фотографували потерпілі будинки та провели анкетування.

Досліджувана територія: Дунакемлед. Населений пункт розташований на північ від Пакш, на густо розчленованій долинами частині брилової плити Пакш–Шерегельеш, у долині яру Верешмалом та на її схилах. У центрі поселення розташована гора Темплом, з південного сходу – дунайські надзаплавні високі береги з висотою 140 м над рівнем моря; відмежовує територію гора-останець Шанц, яка відокремлюється від навколишнього середовища та виділяється з дунайської заплави (рис. 1.). Через наявність Імшошської переправи територія мала стратегічне значення від стародавніх часів: перші археологічні знахідки відносять до римлян. Виявлений тут Каструм Луссоній був частиною лінії Лімес, що зв'язувала Аквінкум з Мурсою та виконувала функцію військової фортеці.

На горі Шанц на початку 2000 р розкрили залишки колишнього військового табору I–II ст н.е. та створили центр відвідування в рамках проекту "Danube Limes UNESCO World Heritage". Залишки військової фортеці, яку виявили археологічні пошуки [36], залишилися тільки частинами, бо Дунай в Імшошському руслі своєю бічною ерозією розмивав основу гори Шанц. Утворені внаслідок цього зсуви призвели до регресії надзаплавних високих берегів. Простягання Каструма з півночі на південь могло сягати 250 м, а зі сходу на захід – 60 м, з останнього місцями відсутні 25–30 м.

Геологічна будова досліджуваної території. Зазвичай, один з найголовніших факторів виникнення зсувів – гірські породи, з яких складаються схили, або їх петрографічні особливості, тому варто зосередити увагу на тектонічних утвореннях (близько 6 млн р), з яких складаються надзаплавні високі береги.

Із детальних геологічних досліджень, пов'язаних з побудовою Пакшської АЕС, ми знаємо, що на території середнього Дунаю найінтенсивнішим тектонічним періодом був пізній міоцен і пліоцен. У цей час територія опустилася та нагромаджувались озерні відклади (глина, пісок, мергель), потужність яких, замість середньої для Угорщини 1000 м, тут досягає тільки приблизно 500 м. Після процесу заповнення та висихання Панонського озера, т.з. Панонська плита еродувалася і по тектонічних лініях зазнавала вертикальні диференціації, утворюючи таким чином основу сучасної гідрографічної сітки. Після значного (приблизно 7 та 3,5 млн р) ерозійного періоду, на кінець пліоцену – початок плейстоцену утворилася поверхня, нахилена на південь-південний схід, поділена долинами [21, рис. 2, с. 166]. Еолові та субаеральні пліоцен-плейстоценові континентальні відклади [24] дискордантні, збільшуючись у потужності, накладаються у південь-південно-східному напрямку на колишню континентальну територію (пліо-

цен). Початковий елемент цих молодих відкладів у всіх випадках є продуктом вивітрювання т.з. Дунафельдварської формації [23], він представлений характерною червоною глиною спірного стратиграфічного положення та віку [17]. Ці давні глина та глинисті відклади відомі із Дунафельдварських, Пакшських, Тенгелицьких та Сексардських розрізів [24; 30; 17]. За Ямбора та Раліш (2002), сюди відносять Тенгелицьку формацію, Дунафельдварську серію і пакшські червоні глини (Pv1–5).

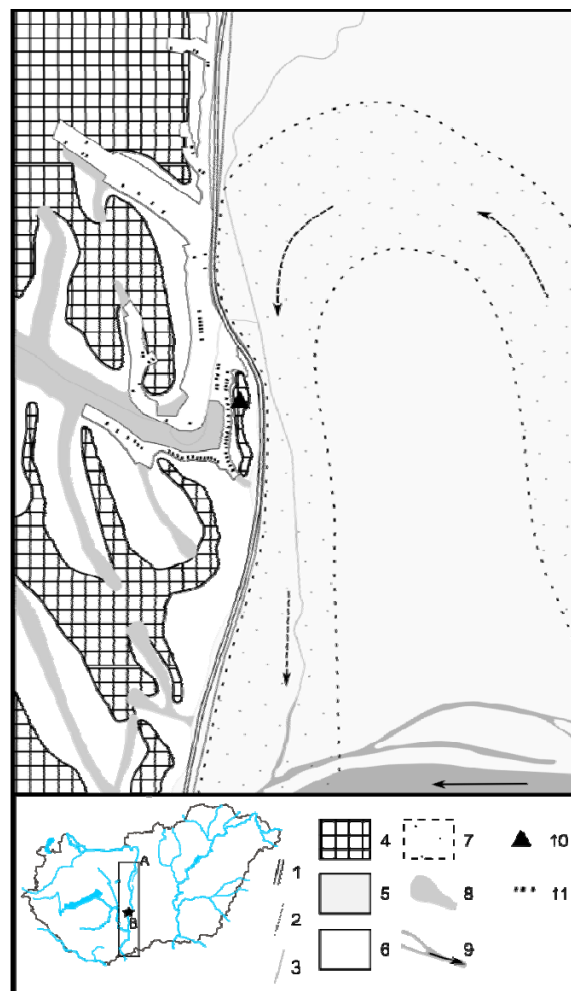


Рис. 1. Загальна геоморфологічна схема території м. Дунакемлед (ред. І.П. Ковач).

1 – головна дорога № 6, 2 – залізнична лінія № 42, 3 – водотоки, 4 – міждолинне підвищення, 5 – схил, 6 – заплава, 7 – Імшошський Дунай (головне русло до зарегулювання річки), 8 – долина, 9 – Дунай та напрямок його течії, 10 – Lussonium, 11 – Дунакемлед (з постраждалими будинками)

Над червоними глинами розташована типова еолова лесово-палеогрунтова серія, яку за літологічним складом і стратиграфічним положенням Пейчі (1993) поділив на дві головні групи. Типова територія нижньої, давнішої, серії поширена у Пакші, де зустрічаються 6 лесових шарів і 5 палеогрунтів з ерозійною перервою. Території з молодшими, більш піщаними, лесовими серіями розташовані у населених пунктах Менде і Башагарц. Цю серію ділять чотири, добре виражені і розвинені палеогрунти (MB, BA, BD, MF). Верхню, наймолодшу, частину лесів Угорщини, що передувала т.з. поверхні молодих лесів, формує Дунауйварошсько-Топіошувська серія, яка містить тільки гумусові горизонти (h1, h2), а власне палеогрунтів немає.

Незважаючи на те, що леси в Угорщині досліджуються понад 70 років [7], до сьогоднішнього дня залишається спірним питання визначення віку та точного

стратиграфічного положення цих плейстоценових утворень. За поглядом Пейчі (1986) [25], в Угорщині нема лесу, старшого за 1 млн р, а вік молодих лесів лише 110–130 тис р. На основі нових наукових даних, отриманих впродовж останніх двох десятиліть, можна стверджувати, що леси та палеогрунти Угорщини набагато давніші, ніж вважалося раніше. Грунт МВ, що позначає нижню межу молодих лесів, має вік 400 тис р, а утворення молодого лесової серії розпочалося перед MIS 9 [28, 12, 33]. Під час гляціальних фаз в результаті еолових процесів формувалася лесова рівнина у західній частині Альфельда (Мезефельд). У південно-східній частині т.з. Шарбогардського лесового плато Середнього Мезефельда цієї лесової рівнини розташована вибрана досліджувана територія.

Виклад основного матеріалу та обговорення.

Виникнення та розвиток надзаплавних високих берегів. Разом з особливостями, що впливають із будови та структури лесової рівнини, на утворення та різноманітність форм поверхні впливали зміни напрямку течії Дуная за останні 100 тис р. Після повороту на південь через Пештську рівнину, Дунай протікав спочатку по лінії Кечкемет–Чонград, потім по лінії Кечкемет–Сегед і сформував величезний конус виносу [22] у межах річки Дунаю та Тиси. Потужність товщі відкладів у районі Сегеда досягає 600–700 м. Течія Пра-Дунаю у напрямку з північного заходу на південний схід, розділяючись на декілька рукавів, будувала цей конус відкладів [5], а пізніше, в пізньому плейстоцені, річка набула сьогодинського напрямку з півночі на південь. В угорській науковій літературі відомо три моделі, що пояснюють зміну напрямку течії різними причинами. За однією з них, зміни напрямку течії Пра-Дунаю на рівнині контролювалися тектонічними процесами. Внаслідок опускання поверхні у районі Байя–Калоча річка мігрувала на захід, покидаючи колишнє русло [34], і від того часу формує східну окраїну Мезефельда. За другою думкою, відповідальними за відхилення напрямку течії є зміни у витратах води, спричинені гляціальними коливаннями, оскільки західні рукави приток отримували більше води зі сторони тиллових карстових територій (Задунайські середньовисотні гори). Так, східні рукави приток поступово висихали та зникали, потім, під час термінації, підвищення витрат води, або її західних приток, змусили річку врізатися у поверхню [10]. У кінцевому результаті, Дунай ніби сповз з конусу відкладів у західному напрямку [31]. За третьою думкою, кілька досліджень [2] приписують відхилення напрямку течії дії сили Коріолісу, що підтверджується систематичною асиметрією витчизняних заплав.

Радіовуглецевий вік деревних решток, знайдених у дунайських річкових відкладах, показав у випадку Пакша 40 000 р, а у випадку Сексарда – 10 880±150 р [11]. Розвиток дунайських терас доводить появу Дунаю в осі північ–південь: від Будапешта на південь можна знайти тільки наймолодшу терасу II/a (27–32 тис р) і лише місцями (Дунасендсьєрдь, Могач), а давніші рівні зовсім відсутні [26]. Усі три теоретичні моделі згодні у тому, що сучасний напрямок течії Дунаю виник у пізньому плєнігліціалі.

Два невеликі підвищення, складені дунайським алювієм (Шолті – 124 м і Тетель-галом – 112 м), доводять існування бічної ерозії річки та колишню східну протяжність лесової рівнини Мезефельда [18]. Літологічний матеріал і шаруватість цих підвищень ідентичні матеріалам надзаплавних високих берегів Мезефельда. До колишніх надзаплавних високих берегів приурочені під гострим кутом (ПвПвЗх–ПдПдСх), а також паралельно, відступаючи бічні долини, які відокремили ці островоподібні підвищення, що обтікалися Дуном. Цей процес добре спостерігається і сьогодні біля надзаплавних високих берегів Дунафельдвара та Дунасекче. Значить, Дунай підмив окраїну Мезефельда, утворюю-

чи лесові надзаплавні високі береги, що мають небезпеку сходження зсувів.

Сучасні схилі рухи. На основі раніше проведених досліджень, цю ділянку берегів віднесено до т.з. інактивних (пасивних) надзаплавних високих берегів, захищених річковими відкладами [14; 9; 8]. Алювіальні відклади Дунаю, фільтруючи міжпластові й ґрунтові води, підвищують стабільність берегових стін. Але з осушенням Імшошського русла Дунаю схилі рухи на дунакемледському надзаплавному високому березі закінчилися не остаточно, на що вказують постійні пошкодження будівель на території населеного пункту. На 2008-09 рр автомобільна дорога № 6 і залізниця Пустасабольт–Дунауйварош–Пакш № 42 (на якій на ділянці Мезефельда–Пакш не проводиться перевезення пасажирів, але здійснюються важливі вантажні перевезення для Пакшської АЕС), що проходять біля основи надзаплавних високих берегів, були настільки пошкоджені, що потрібно було укріпити північну окраїну гори Шанц та гирлову ділянку яру Верешмалом поруч з нею. Було побудовано укріпну стіну та стабілізовано нижні частини схилів габионними кам'яними мішками, а також підготовлено нові асфальтові дороги, а старі залізничні колії замінені на нові з бетонною підшовою.

Про сучасні схилі рухи на території населеного пункту добре свідчать пошкоджені, потріскані будинки. У 2009 р було проведено анкетування із залученням експертизи щодо пошкоджень, а також за допомогою багаторазового обходу території було визначено точне місцезнаходження пошкоджень, тим самим вдалося визначити межі небезпечних територій. У Дунакемледі є 449 житлових будинків, із них на 85 спостерігаються тріщини, що вказують на рухи поверхні за останні 15–20 років, бо тріщини проходять від поверхні ґрунту уверх. Значна частина житлових будинків (близько 60) мають тріщини довжиною понад два метри, вони були пошкоджені внаслідок невідповідного ремонту, від вібрації під час будівництва доріг, а також через ущільнення порід антропогенного накопичення. На території населеного пункту 115 будинків побудовані із саману, вони розташовані, в основному, на південному сході села, на захід від гори Шанц, і рухи, значною мірою, зачепили саме їх. Часткова поява будинків, побудованих на основі керамічної рамки замість саману, вказує на руйнування та значні пошкодження, оскільки за останні роки відбулося знесення багатьох будинків із саману. Пошкодження будинків, в основному, відбувалося у фронтальній частині, паралельно сторонам з надзаплавними високими берегами, і проявлялося навіть у вигляді багатометрових тріщин. Будинки, уражені зсувними процесами, розташовані в зоні їх впливу. Вони знаходяться на східних схилах середньої частини поселення і у південній частині села, на обох схилах долини яру Верешмалом. У випадку останнього можна говорити про розвиток некласичних надзаплавних високих берегів, бо територія не контактує безпосередньо з Дунаєм або залишками його Імшошського русла. Звичайно, це не означає, що не діють рухомі процеси, відповідальні за попередній географічно-топографічний стан крутих схилів зі східною експозицією гори Шанц у напрямку північ–південь; саме тому тут раніше не будували житлових будинків. Дунайська заплава, а також фронт розриву, який до сьогоднішнього дня добре вимальовується у вигляді крутих вигнутих схилів, обернені в бік автомобільної дороги № 6, – що є результатом схилі рухів процесів, які зруйнували східну частину Lussonium Castrum, – одночасно є генератором нових рухів. Залежно від кількості опадів на цих крутих схилах відбувається регулярні пластоводібні зсуви з неглибоким ложем, інакше кажучи – обвали. Цей молодий крутий схил між Пакшом і Дунакемлед перетинають декілька ерозійних долин, яри і лесові стіни, які відносять

до лесових ерозійних форм. Потужні лесові товщі з глибокими врізами від швидкої відступаючої ерозії ще не повністю перерізані крутими високими вертикальними стінками. Через малу довжину ерозійних долин після інтенсивних опадів біля підніжжя надзаплавних високих берегів відкладається величезна кількість мулистих, лесових відкладів.

Характерні схилі рухи також для західного борту з пологими схилами (напроти східного з крутими схилами), так само, як і для інших схилів долини яру Верешмалом, що розташована на окраїні поселення. Коливання рівня води в ярі Верешмалом внаслідок підвищення рівня ґрунтових вод впливають на поверхневі переміщення на схилах долин, а це означає, що деформація будинків, яка проявляється у вигляді тріщин, спричиняється, в основному, зсувами з обвалами, пов'язаними з періодами зі значною кількістю опадів. Майже у всіх житлових будинків були прямоврізані, безпідкладні підвали, висічені в лесах, і це погіршує стабільність лесових стін з пористою структурою і здатністю до обвалення. Обвали підвалів і рухи берегових стін вважаються частими явищами, на що вказують завали входів матеріалами стін берегів. Ще більше посилює ці процеси рільництво на надзаплавних високих берегах або поблизу них, що, з одного боку, підвищує ерозію, а з іншого, сприяє концентрації стічних вод опадів на ослабленому краї надзаплавних високих берегів з підвалами. Розповсюдження схилісних рухів на більшій площі території далі активізує консолідовані, менш стабільні, антропогенні відклади.

Висновки. Одна з найхарактерніших територій Угорщини із сучасними гравітаційними схилісними процесами – лінія за столицею (від Будапешта на південь), смуга Придунайських надзаплавних високих берегів, складених молодими, пухкими відкладами. Тут і сьогодні Дунай протікає безпосередньо під надзаплавними високими берегами, здійснює активну берегову ерозію, або відступає від берегів, а тому на цих ділянках відіграє тільки непряму роль у формуванні схилів надзаплавних високих берегів. Останнє характерне і для ділянок надзаплавних високих берегів Пакш–Дунакемлед, що фігурують у дослідженнях, де безпосередньо на передньому плані простягається колишнє Дунайське, штучно відокремлене, Імшошське русло (меандр). Результатом бічної ерозії колишнього активного русла є значний відступ східних схилів острівподібної гори Шанц з північно-південним напрямком разом із розташованою на ньому територією римської фортеці, що відбувся через давні зсуви. Чітко ідентифікується як знак форми зсуву фронт розриву з дугою окраїн. Між надзаплавними високими берегами та Імшошським руслом, у вузькій смузі, проходить головна автомобільна дорога № 6 і залізниця Пустасабольч–Пакш. Деформації цих лінійних об'єктів на передньому плані північно-східної частини гори Шанц, а також пошкодження будинків, які у великій кількості трапляються в середній та південній частині Дунакемледа (нижній відрізок долини яру Верешмалом), вказують на те, що схилісні процеси (обвали, завали, зсуви) і в наші дні є найважливішими процесами формування поверхні. У поновленні періодичних рухів, крім тектонічної будови, велику роль відіграють значні та тривалі опади, які змочують лесові товщі, що залягають на глинистих пластах, і, в такому випадку, підсилюють підвищення ґрунтових вод. Опади, що попадають на поверхню, сприяють суфозії лесу, його кавітації, та значному ерозійному поглибленню й відступанню долин ярів, які врізаються у надзаплавні високі береги. Посилюють цей процес завали підвалів, що заглиблені в крутих лесових стінах і у великій кількості існують у поселенні.

Подяки. Автори вдячні за поради та професійні консультації професору Ференцу Швейцеру. Висловлюємо по-

дяку Інституту Географії ПНУ, що забезпечив нам матеріальну базу для польових досліджень, а також дослідницькому фонду Erasmus Mundus Partnership for Belarus, Ukraine and Moldova (EMP-AIM) за підтримку. Вдячні також викладачеві Закарпатського Угорського Інституту Тібору Іжаку за переклад статті українською мовою.

Список використаних джерел

1. Ádám L., Marosi S., Szilárd J., (1959). A Mezőföld természeti földrajza (Physical Geography of Mezőföld). Akadémiai Kiadó, Budapest, 214-216.
2. Balla Z., (2009). A Coriolis-erő hatása folyókra a magyar szakirodalomban (The influence of the Coriolis force on the rivers in Hungarian geoscience). Annual Report of the Institute of Geology for 2007, Budapest, 79-84.
3. Boengiu S., Avram S., Vladut A., (2009). The influence of climate on gravitational processes within the Jiu river valley: G.I.S. applications. Central European Journal of Geosciences, 1(3), 303-311.
4. Boengiu S., Torok-Oance M., Vilcea C., (2013). Deep Seated Landslides of Securile (Getic Piedmont, Romania) and Its Implication for the Settlement. In: Margottini C., Canuti P., Sassa K. (eds). Landslide Science and Practice Vol. 7: Social and Economic Impact and Policies. Springer Verlag, Heidelberg, 113-119.
5. Borsy Z., (1990). Evolution of the Alluvial Fans of the Alföld. In: Rachocki A.H., Church M. (eds). Alluvial Fans. John Wiley and Sons, 229-245.
6. Bugya T., Fábrián Sz.Á., Görcs N.L., Kovács I.P., Radványi B., (2011). Surface changes on a landslide affected high bluff in Dunaszekes (Hungary). Central European Journal of Geosciences, 3(2), 119-128.
7. Bulla B., (1937). Der pleistozäne Löss im Karpathenbecken. Földtani Közönlöny, 68(1-3), 33-58.
8. Fábrián Sz.Á., (2003). Geomorphological hazards of the lower reaches of Danube in Hungary. Geomorphologia Slovaca 3(2), 77-80.
9. Fodor T., Horváth Zs., Scheuer Gy., Schweitzer F., (1981). Dunakömlőd-Paks közötti dunai magaspart mérnökgeológiai térképezése és vizsgálata (Engineering geological mapping and analysis of a Danubian bluff between Dunakömlőd and Paks). Földtani Közönlöny, 111(2), 258-280.
10. Gábris Gy., Nádor A., (2007). Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. Quaternary Sciences Reviews, 26, 2758-2782.
11. Hertelendi E., Petz R., Scheuer Gy., Schweitzer F., (1991). Radiocarbon age of the formation in the Paks-Szekszárd depression. In: Pécsi M., Schweitzer F. (eds). Quaternary environment in Hungary: contribution of the Hungarian National Committee to the XIIIth INQUA Congress Beijing, China. Akadémiai Kiadó, Budapest, 85-89.
12. Horváth E., (2001). Marker horizons in the loesses of the Carpathian Basin. Quaternary International, 76, 157-163.
13. Jámor Á., Rálschné Fergenhauer E., (2002). A Közép-dunai terület kvarter talpszint térképe szerkesztésének eredménye (Results of the edition of the base level map of the Central-Danubian area). Annual Report of the Institute of Geology for 1997-1998, Budapest, 161-175.
14. Karácsonyi S., Scheuer Gy., (1972). A dunai magaspartok építésföldtani problémái (Engineering geological problems of high banks along the Danube). Földtani Kutatás, 15, 71-83.
15. Kleb B., Fodor T., (1986). Magyarország mérnökgeológiai áttekintése (Engineering geomorphology overview of Hungary). Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 199. c.
16. Kleb B., Schweitzer F., (2001). A Duna csuszamlásveszélyes magaspartjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata. (Settlement environmental impact assessment of landslide hazardous bluffs along Danube). In: Ádám A., Meskó A. (eds.) Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői (Risk factors of Earth processes and earth sciences). Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 169-193.
17. Kovács J., Fábrián Sz.Á., Varga G., Ujvári G., Varga Gy., Dezső J., (2011). Plio-Pleistocene red clay deposits in the Pannonian Basin: A review. Quaternary International, 240, 35-43.
18. Lóczy D., Balogh J., Ringer Á., (1989). Landslide hazard induced by river undercutting along the Danube. Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 2, 5-11.
19. Lóczy D., Fábrián Sz.Á., Schweitzer F., (2008). Riveraction and landslides in Hungary. In: Basu S.R., De S.K. (eds). Issues in Geomorphology and Environment, ABC. Kolkata, 1-15.
20. Lóczy D., Juhász Á., (1996). Hungary. In: Embleton C., Embleton-Hamann C. (eds). Geomorphological hazards of Europe. Elsevier, Amsterdam, 243-262.
21. Marosi S., Schweitzer F., (1997). Geomorfológiai vizsgálatok Paks környékén (Geomorphological studies near Paks). In: Marosi S., Meskó A. (eds). A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonsága. Akadémiai Kiadó, Budapest, 153-175.
22. Pécsi M., (1959). A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakítása (The development and geomorphology of the Danube valley in Hungary). Akadémiai Kiadó, Budapest, 122-152; 153-186.
23. Pécsi M., (1975). A magyarországi löszszelvények litosztratigráfiai tagolása (Lithostratigraphical subdivision of the loess sequences in Hungary). Földrajzi Közlemények, 23(3-4), 217-230.
24. Pécsi M., (1985). The Neogene clays of the Carpathian Basin. Studies in Geogr. in Hungary, Akadémiai Kiadó, Budapest, 89-98.
25. Pécsi M., (1986). Stratigraphical subdivision of Hungarian young and old loess. Annales Univ. M. Curie-Sklodowska, Sectio B., 41, 67-85.
26. Pécsi M., (1991). A magyarországi Duna-völgy teraszai és szintjei (Terraces and levels of the Danube valley in Hungary). In: Pécsi M. (ed). Geomorfológia és domborzatminősítés (Geomorphology and

landformqualification). Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 36-47

27. Pécsi M., (1993). Negyedkor és löszkutatás (Quaternary and loessresearch). Akadémiai Kiadó, Budapest, 375 c.

28. Pécsi M., (1997). Lösz- és őstalajszorozatok és a negyedidőszaki ősföldrajzi változások kutatásának elvi, módszertani kérdései (Conceptual and methodological issues of the loess-, paleosol series and of the quaternarian paleoenvironment changing research). In: Haas J. (ed). Fülöp József-emlékkönyv. Akadémiai Kiadó, Budapest, 263-279.

29. Scheuer Gy., (1979). A dunai magaspártok mérnökgeológiai vizsgálata (Engineering geological investigation of the high banks of the Danube). Földtani Közöny, 109, 230-254.

30. Schweitzer F., Szőör Gy., (1997). Geomorphological and stratigraphical significance of Pliocened clay in Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie, 110, 95-105.

31. Somogyi S., (2001). Természeti és társadalmi hatások a Duna mai vízrendszerében. (Natural and social impacts in the recent hydrological system of Danube). Földrajzi Értesítő, 50(1-4), 299-309.

32. Szabó J., (1996). Csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi tájak geomorfológiai fejlődésében (The role of landsliding in the geomorphic evolution of landscapes in Hungary). Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 223 c.

33. Thiel C., Horváth E., Frechen M., (2014). Revisiting the loess/paleosol sequence in Paks, Hungary: A post-IR IRSR based chronology for the 'Young Loess Series'. Quaternary International, 319, 88-98.

34. Tóth L., Győri F., Mónus P., Zsíros T., (2006). Seismic Hazard in the Pannonian region. In: Pinter N., Greneczy Gy., Weber J., Stein S., Medak D. (eds). The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards. Springer Verlag, NATO ARW Series, 61, 369-384.

35. Trofymchuk O., Kalyukh Y., Hlebchuk H., (2013). Mathematical and GIS-modeling of landslides in Kharkiv Region of Ukraine. In: Margottini C., Canuti P., Sassa K. (eds). Landslide Science and Practice Vol. 7: Social and Economic Impact and Policies. Springer Verlag, Heidelberg, 347-352.

36. Visy Zs., (2000). A ripa Pannonica Magyarországon (The Ripa Pannonica in Hungary). Akadémiai Kiadó, Budapest, 144 c.

Надійшла до редколегії 25.05.14

Á. Magyar, Geographer, Msc,

Sz. Á. Fábán, PhD, Adjunct Assistant Prof.,

E-mail: smafu@gamma.ttk.pte.hu (corresponding author),

I. P. Kovács, PhD, Adjunct Assistant Prof., E-mail: vonbock@gamma.ttk.pte.hu,

G. Varga, PhD, Adjunct Assistant Prof., E-mail: gazi@gamma.ttk.pte.hu,

Institute of Geography, Faculty of Science, University of Pécs,

H-7624, 6 Ifjúság Str., Hungary

B. Radvánszky, PhD, Post-doctor scholarship-holder

of Erasmus Mundus Partnership for Belarus, Ukraine and Moldova (EMP-AIM),

E-mail: radberti@gamma.ttk.pte.hu,

Faculty of Geography, Taras Shevchenko National University of Kyiv,

2A Prospekt Hruskhova, Kyiv, Ukraine

M. Kovács, PhD-student, E-mail: monyi5@gamma.ttk.pte.hu,

Doctoral School of Earth Sciences,

University of Pécs,

H-7624, 6 Ifjúság Str., Hungary

M. Sobucki, PhD-student, E-mail: mateusz.sobucki@gmail.com,

Institute of Geography and Spatial Management,

Jagiellonian University in Krakow,

730-387 Gronostajowa Str., Krakow, Poland

ANALYSIS OF RECENT SURFACE DEVELOPMENT ON THE HIGH BLUFF BETWEEN PAKS AND DUNAKÖMLÖD

The constantly recurring mass movements are highlighted geohazards of Hungary. Surface movements of these types have been posing risk and danger to several high bluff stretches on the right bank of the Danube over the past 50 years. One of the most affected areas is located around Dunakömlőd. The Danube has been eroding laterally the loess, and loess-type formations of the high bluffs for at least 10 thousand years. Former engineering geological studies primarily analyzed the bluffs around and in the town of Paks. Recently new movements have been identified in Dunakömlőd where detailed geomorphological studies have not yet been carried out hitherto. Analyses and exploration of surface movements are particularly important for regional development plans, local government projects and especially for the safety of local residents. The embankment regression rate was estimated based on the location of the ruins of Lussonium, an ancient Roman fort. The mapping of recent movements was based on questionnaire and multiple field surveys. During our studies we also analyzed and mapped the age and building material of the damaged houses. Our results indicate that 19% of the residential buildings have suffered severe damages due to the surface movement over the last decade. The north and west-facing slopes of the Vörösmalom-árok are the most severely damaged areas in Dunakömlőd. We concluded that in addition to the directly erodible edge of the high bluffs, the background areas are also jeopardized by land movements due to improper selection of property development sites.

Key words: mass movements, lateral erosion, landslide, loess, Danube, Quaternary.

A. Мадьяр, географ,

С. Фабиан, PhD, преподаватель, smafu@gamma.ttk.pte.hu,

И. Ковач, PhD, преподаватель, vonbock@gamma.ttk.pte.hu,

Г. Варга PhD, преподаватель, gazi@gamma.ttk.pte.hu

Институт географии Пейчского Научного Университета,

ул. Ифюшаг 6., Пейч, H-7624 Венгрия

Б. Радвански, стипендиант-постдокторант, radberti@gamma.ttk.pte.hu

Erasmus Mundus Partnership for Belarus, Ukraine and Moldova (EMP-AIM)

в Киевском Национальном Университете имени Тараса Шевченко

Пр. Акад. Глушкова, 2а, г. Киев, Украина

М. Ковач PhD-аспирант, monyi5@gamma.ttk.pte.hu

Докторская школа Наук о Земле

Пейчского Научного Университета

ул. Ифюшаг 6., Пейч, H-7624 Венгрия

М. Шобуски, PhD-аспирант, mateusz.sobucki@gmail.com

Институт Географии и Пространственной Науки

Краковского Ягеллонского Университета,

ул. Гроностайова 7, Краков, 30-387, Польша

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПАКШ-ДУНАКЕМЛЕДСКИХ ЛЕССОВЫХ ВЫСОКИХ (НАДПОЙМЕННЫХ) БЕРЕГОВ

Часто повторяющиеся гравитационные склоновые процессы относятся к приоритетным источникам опасных природных явлений в Венгрии. За прошлые половину столетия они угрожали некоторым участкам высоких надпойменных террас на правом берегу Дуная, в том числе, на территории поселка Дунакемлед. Причины их возникновения общеизвестны: Дунай подмывает участок высоких надпойменных берегов, образованных лессами и лессовидными породами. Ранее проведенные инженерно-геологические исследования, в основном, изучали придунайские территории, а также территории возле города Паки. В Дунакемледе и на территориях за надпойменными высокими берегами за последние 10 лет были обнаружены новые склоновые перемещения. Изучение этих поверхностных процессов чрезвычайно важно для городской администрации и населения. По исследованиям руин древней римской крепости (Lussonium) можно определить столетний коэффициент отступления береговой стенки. Для локализации современных движений, кроме многократного обхода территории, было проведено анкетирование населения, в котором, среди прочего, учитывался возраст домов, пострадавших от эрозии, и материалы, из которых они построены. За последнее десятилетие 19% жилых домов пострадали от эрозии. Наиболее поражены склоны оврага Верешмалом северной и западной экспозиции. Можно сделать вывод, что надпойменные высокие берега, кроме окраинной части, непосредственно размывавшейся в прошлом, также испытывают опасность вследствие не только природных причин, но и антропогенных, поскольку дома во многих случаях строились возле эрозионных береговых стен.

Ключевые слова: современные геоморфологические процессы, береговая эрозия, оползни, лессовые отложения, Дунай, четвертичный период.

УДК 551.24

А. Василенко, асп., E-mail: an_vass@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ОЗНАКИ ЗСУВУ В МЕЖАХ ЗАКАРПАТСЬКОГО ГЛИБИННОГО РОЗЛОМУ

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

Тектонофізичні дослідження розривних порушень в Українських Карпатах з використанням структурно-парагенетичного та кінематичного методів розпочалися в 90-х роках ХХ ст. Було встановлено, що в природному заляганні переважають субвертикальні тріщини північно-східного орієнтування над північно-західним, що пояснюється північно-східним стисненням в післякладчасту епоху. Похилі тріщини мають подібну орієнтацію. Разом з тим в Закарпатському прогині поряд з діагональними системами тріщин істотно розвинуті тектонічні порушення субширотного та субмеридіонального напрямку. Багато похилих тріщин є нормально перетинаючими і тому їх характеризували як групу колишніх субвертикальних тріщин, повернутих в процесі складкоутворення.

Також в Карпатах виділено зони дислокацій різної орієнтації, що пов'язуються зі зміщеннями підфлішового фундаменту. Хорошим прикладом такого тектонічного порушення є Латорицько-Стрийська зсувна зона, виникнення якої пояснюється зоною зчленування двох покривних систем Зовнішніх Карпат, які утворились перед різними фронтами. У зв'язку з цим стиснення басейну було різним в різних його ділянках і це спричинило утворення двох покривних систем, розділених вказаною зсувною зоною. Слід відзначити, що виникнення тектонічних порушень в кожному окремому тектонічному елементі Українських Карпат, хоч і пов'язується із загальним стисненням, але має свій індивідуальний шлях розвитку, обумовлений різними чинниками. Зокрема, цікавим є питання взаємозв'язку геодинамічної еволюції Закарпатського глибинного розлому та виникнення тріщин в покривах, що з ним межують.

За час польових досліджень, проведених автором в 2013 році на території Рахівського покриву, було простежено тектонічне порушення антикарпатського спрямування. Згідно схем М.В. Гзовського, взаємне розташування даного порушення та Закарпатського глибинного розлому дозволяє припустити, що воно є ознакою правого зсуву, який виник в межах даного глибинного розлому за умов транспресії. Це припущення добре узгоджується з новою схемою тектоно-магматичної активізації Закарпаття, за якою під дією субмеридіонального стиснення у межах Закарпатського прогину реалізувалась правостороння зона сколювання. Згідно даної схеми північною межею зони сколювання слугує саме Закарпатський глибинний розлом. Таке припущення дозволяє дещо по-новому поглянути на особливості геодинамічного розвитку регіону, однак вимагає подальших ретельних польових досліджень.

Ключові слова: Закарпатський глибинний розлом, правосторонній зсув, тектонічні порушення, зона сколювання, динамо-кінематична схема.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші дослідження розривних порушень в Українських Карпатах були пов'язані з геологічними зніманнями та пошуками корисних копалин, зокрема нафти, газу та озокериту [3]. Особливу увагу їм приділяли при вивченні колекторів та шляхів міграції вуглеводнів. Досліджувались геологічні та фізико-хімічні умови формування систем тріщин в утворенні колекторів, взаємозв'язки між пластовими, локальними та регіональними системами тріщин та їх зміни з геологічним часом та глибиною, а також позитивна та негативна роль тріщин при формуванні колекторів. Поряд з цим вивчались закономірності розвитку систем тріщин з літологією. З початку таких досліджень опубліковано багато робіт про значення тріщинуватості у нафтогазовій геології [8-10], проте однією з перших публікацій, у якій систематичне вивчення тріщин у платформній частині заходу України проводилося для цілей тектоніки, була праця [16].

У сучасній геології вивчення тріщин як тектонічних об'єктів є важливим інструментом, що дає змогу певною мірою відтворювати геодинамічні процеси, оскільки походження тріщиноутворення в складних у тектонічному відношенні районах пов'язується з регіональними полями напружень. Однак думки щодо механізму тріщиноутворення розходяться. Деякі дослідники вважають, що тріщиноутворення в основному передують утворенню розломів [20, 21] та складкоутворенню [17]. Інші підтримують думку, що систематичне утворення тріщин у складчасто-насувних поясах відбувається після основних тектонічних подій [19] і що тріщини можуть бути використані для відтворення полів напружень лише при певних умовах. Є й такі дослідники, що прийшли до висновку, що тріщини можуть виникати перед, під час та після складкоутворення [18]. В межах Карпатського регіону ця гіпотеза була підтверджена і було показано, що тріщини можуть використовуватись як індикатори палеонапружень в регіональному плані [22].

Сучасні інтенсивні тектонофізичні дослідження розривних порушень в Українських Карпатах розпочалися в 90-х роках минулого століття [1]. При їх проведенні

використовували у комплексі два методи: структурно-парагенетичний (дослідження тріщинуватості) та кінематичний (дослідження дзеркал ковзання). Великий комплекс тектонофізичних досліджень на території Українських Карпат (а також Криму та Українського Щита) було виконано та описано в монографії проф. О.Б. Гінтова у 2005 р [5].

О.Б. Гінтов [5] відмічає, що загальною особливістю для всіх районів Українських Карпат є кількісна перевага (в природному заляганні) субвертикальних тріщин північно-східного орієнтування над північно-західним. На його думку, це – перша ознака того, що в напруженому стані регіону в післякладчасту епоху переважало північно-східне стиснення. Тут же виникає група додаткових тріщин, викликаних флуктуаціями орієнтування осі σ_1 , та група проміжних структур між тріщинами відриву та сколами Ріделя. Як і для вертикальних, для похилих тріщин власне Карпат характерне переважання північно-східних азимутів над північно-західними та діагональних над ортогональними. Поряд з тим, О.Б. Гінтов відзначає, що в Закарпатському прогині поряд з діагональними системами тріщин помітно розвинуті широтні та меридіональні, а в Передкарпатському – тільки меридіональні. Найбільш поширений кут нахилу складає 70°. Багато похилих тріщин є нормально перетинаючими і тому віднесені ним в групу колишніх субвертикальних тріщин, повернутих в процесі складкоутворення.

Водночас у Карпатах виділяють крупні як повздовжні, так і поперечні та діагональні зони дислокацій, пов'язані зі зміщеннями підфлішового фундаменту, наявність яких прогнозувалася за геофізичними даними [12]. Існування двох таких крупних зон, одна з яких перетинає західну, а друга – східну частину Українських Карпат, припускав В.В. Глушко [7]. С.Л. Бизова та М. А. Беер [2] виділяли Верхньотисенську і Латорицьку діагональні зони зсувних порушень фундаменту – відповідно ліво- і правосторонніх, які проявлялися в осадовому флішовому чохла (алотоні), в основному, у вигляді сигмоїдальних вигинів повздовжніх структур. Групу поперечних розривів описали С.П. Гавура і В.В. Даниш [4] у басейні р. Латориця в

флішових утвореннях Дуклянської структурно-фаціальної одиниці. На думку цих дослідників, розриви трасують регіональний Стрийський поперечний розлом, раніше прогнозований [12] за даними геофізичних досліджень. О.М. Гнилко об'єднує зсувні порушення даного регіону в одну Латорицько-Стрийську зсувну зону і пояснює її виникнення з зоною зчленування двох покривних систем Зовнішніх Карпат (перша – у Східних, друга – в Західних Карпатах), які утворилися під дією загального стиснення флішового басейну. Однак в Західних Карпа-

тах флішеві покриви формувалися перед фронтом масиву Центральних Західних Карпат, а в Східних – перед чолом Мармароського масиву, що призвело до неоднакового стиснення басейну і, відповідно, утворення двох покривних систем, розділених Латорицько-Стрийською зсувною зоною [11].

Таким чином, формування тектонічних порушень різного характеру та орієнтування в Українських Карпатах пов'язується різними дослідниками із загальними стискальними напруженнями в межах даного регіону.



Рис. 1. Фрагмент відслонення на правому березі р. Мала Шопурка (Рахівський покрив, Українські Карпати)

Результати досліджень. Одне з тектонічних порушень антикарпатського спрямування зафіксовано під час польових досліджень в червні 2013 р в межах Рахівського покриву. Розлом має північно-східний напрямок простягання і трасується за азимутом 35° – 40° , а ширина розломної зони складає близько 50 м. Вихід тектонітів на денну поверхню зафіксовано в межах річок Мала Шопурка та Середня Ріка.

Перше відслонення (рис. 1) знаходиться на правому березі р. Мала Шопурка поряд з мостом з північної окраїни смт. Кобилецька Поляна. Відслонення простягається на відстані 50–70 м і є виходом на денну поверхню флішової товщі. Потужність прошарків пісковиків складає 0,3–0,7 м, проте верхній за відслоненням шар пісковиків має потужність близько 1,5 м. Прощарки аргілітів мають потужність 0,3–0,5 м. Флішова товща тектонізована, подекуди має ознаки меланжу. Деформація має крихко-пластичний характер, при якому пісковики виступають компетентним, а аргіліти – некомпетентним шаром. Шар пісковиків розрізаний тріщинами різного орієнтування в просторі, що розбивають товщу на окремі уламки різного розміру від десятків сантиметрів до двох метрів. Чіткої орієнтації уламків вздовж певного напрямку в межах відслонення не простежується, однак в деяких випадках спостерігається певна субгоризонтальна та субвертикальна орієнтація тріщин, що розбивають товщу пісковиків.

В результаті дислокаційних перетворень флішевих порід в товщі аргілітів відбулось формування тектоніч-

ного кліважу. Розміри мікролітонів досить різні, однак їх товщина не перевищує 10–12 см. Присутні ознаки горизонтальних переміщень. В деяких місцях аргіліт зім'ятий в невеликі складки.

Наявні дзеркала ковзання вказують на зсувну природу тектонічного порушення з азимутом горизонтального зміщення в межах від 25° до 40° , однак дзеркала ковзання, що знайдені на пісковиках, вказують також і на вертикальну складову зміщень у формі зсувопідкиду з азимутом вертикального переміщення 80° . В товщах аргілітів були зафіксовані невеликі вигнуті дзеркала ковзання та невеликі складки в'язкої течії. Враховуючи, що некомпетентні утворення зазвичай є чутливішими до змін тектонічного режиму, це явище демонструє складність зсувного процесу в межах даного тектонічного порушення.

Подекуди в аргіліті містяться кварцові лінзи. Ці дрібні кристалики кварцу носять назву "мармароських діамантів" і часто зустрічаються в інтенсивно тектонізованих породах – тектонічних брекчіях та меланжах.

З лівого берега вихід порід на денну поверхню перекритий ґрунтовим шаром тому вивчити його немає можливості.

Друге відслонення (рис. 2) знаходиться на відстані близько 4 км від північної окраїни смт. Кобилецька Поляна, розташоване на правому березі р. Середня Ріка і простягається на відстань 60–80 м.



Рис. 2. Фрагмент відслонення на правому березі р. Середня Ріка (Рахівський покрив, Українські Карпати)

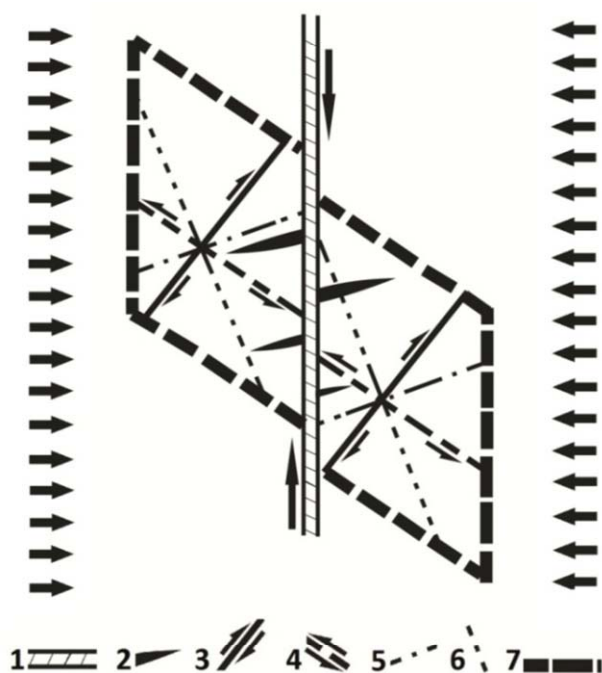


Рис. 3. Схема розташування осей напружень і тріщин в момент їхнього виникнення за умов деформації зсуву при куті сколювання 45° і додатковому стисненні, за М.В. Гзовським [6]:
1 – шов головного розриву; 2 – тріщини відриву; 3, 4 – спряжені тріщини сколювання; 5, 6 – осі напружень σ_1 та σ_3 ; 7 – умовні межі розглядуваної ділянки

Тут на денну поверхню виходить тектонічно дислокований шар пісковиків. Спостерігаються структури крихкого тектонічного мезорозлінування. Форма утворених мезолітонів різнокутова, в окремих випадках в їхніх внутрішніх частинах спостерігається слабка мікротріщинуватість. Розмір брил пісковиків коливаються переважно від 30 до 70 см, проте окремі уламки сягають розміром кількох метрів. Брили обволікаються тектоніч-

ним меланжем. Азимут простягання тектонічної дислокації складає 35° .

Вгору за течією характер тектонічних перетворень змінюється з суто крихкого мезорозлінування на більш пластичне. Між уламками та брилами спостерігаються смуги інтенсивно дислокованих порід (меланжу, дрібних складок, інших тектонітів), які мають ширину від перших десятків сантиметрів до перших метрів. Риси мезолітонів залишаються переважно незмінними, однак розміри не перевищують 80 см.

Цікавим є питання щодо походження простеженого розлому. З опису видно, що його формування було складним, із горизонтальними та вертикальними зміщеннями. Даний розлом простягається з південно-західної окраїни Рахівського покриву, що межує із Закарпатським глибинним розломом (ЗГР), на північний схід. Близькість його географічного положення до ЗГР дає змогу думати про безпосередній вплив останнього на появу та розвиток даного тектонічного порушення. На таку думку нашої точки зору взаємне розташування ЗГР, загальний азимут простягання якого складає 295° – 305° , та описаного тектонічного порушення, азимут простягання якого за даними польових досліджень складає 35° – 40° . Звідси отримуємо, що кут між цими двома структурами складає близько 100° . Схоже співвідношення відображено в схемі М.В. Гзовського для правостороннього зсуву за умов транспресії, де шов головного розриву та тріщини сколювання другого порядку мають подібне взаємне розташування (рис. 3).

Висновки. З огляду на субмеридіональні стиснення в неогені, що мали місце в даному регіоні [13], імовірно, що простежений розлом є ознакою і результатом правосторонніх зміщень в межах ЗГР за умов загального стиснення. Таке пояснення добре узгоджується та слугує на користь нової запропонованої динамокінематичної схеми неогенової тектоно-магматичної активізації Закарпаття, згідно якої у зв'язку з загальним для всієї Карпатської складчасто-покровної системи субмеридіональним стисненням у межах Закарпатського прогину реалізовувалась правостороння зона сколю-

вання, сформована в умовах структурного парагенезису правого зсуву [14, 15]. Згідно зі схемою, північною межею даної зони сколювання слугує саме Закарпатський глибинний розлом. Слід відзначити, що утворення правосторонньої зсувної системи в межах ЗГР за вказаною схемою мало б викликати ешелонований ряд подібних порушень, тому лише подальші польові дослідження Рахівського покриву на межі з ЗГР можуть дати достовірні свідчення про те чи інше походження виявленого тектонічного порушення. Також такі дослідження мають значення не лише для встановлення походження окремого розлому, але і для уточнення геодинамічних умов формування регіону загалом.

Список використаних джерел:

1. Аронский А.А., Беличенко П.В., Гинтов О.Б., Муровская А.В., (1995). Кинематические параметры деформирования верхних горизонтов земной коры Украинских Карпат в миоцен-плейстоценовую эпоху (по тектонофизическим данным). Геофиз. журн., 17, 3, 58-68; 5, 11-19; 6, 43-57.
2. Аронский А.А., Беличенко П.В., Гинтов О.Б., Муровская А.В., (1995). Кинематические параметры деформирования верхних горизонтов земной коры Украинских Карпат в миоцен-плейстоценовую эпоху (по тектонофизическим данным). Геофиз. журн., 17, 3, 58-68; 5, 11-19; 6, 43-57 (In Russian).
3. Бызова С.Л., Беэр М.А., (1974). Основные особенности тектоники Советской части флишевых Карпат. Геотектоника, 6, 82-94.
4. Бызова С.Л., Беэр М.А., (1974). Osnovnye osobennosti tektoniki Sovetskoy chasti flishevyyh Karpat. Geotektonika, 6, 82-94 (In Russian).
5. Віхоть Ю.М., Бубняк І.М., Накапелюх М.В., (2011). Результати тектонофізичних досліджень флішової товщі скибового покриву Українських Карпат у долині р. Бистриця Надвірнянська. Геол. журн., 2, 72-79.
6. Віхоть Ю.М., Бубняк І.М., Накапелюх М.В., (2011). Rezultaty tektonofizychnykh doslidzhen flishevoyi tovshchi skybovogo pokryvu Ukrayinskykh Karpat u dolyni r. Bystrytsa Nadvirnianska. Geol. zhurn., 2, 72-79 (In Ukrainian).
7. Гавура С.П., Даныш В.В., (1974). Особенности геологической структуры междуречья Уж-Боржава. Геология и геохимия горючих ископаемых, 39, 23-29.
8. Gavura S.P., Danysh V.V., (1974). Osobennosti geologicheskoy struktury mezhdurechya Uzh-Borzhava. Geologiya i geokhimiya goruchikh iskopayemykh, 39, 23-29 (In Russian).
9. Гинтов О.Б., (2005). Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. К.: Феникс, 572 с.
10. Gintov O.B., (2005). Polevaya tektonofizika i ee primeneniye pri izuchenii deformatsiy zemnoy kory Ukrainy. Kyiv: Feniks, 572 p. (In Russian).
11. Гзовский М.В., (1975). Основы тектонофизики. М.: Наука, 536 с.
12. Gzovskiy M.V., (1975). Osnovy tektonofiziki. Moscow: Nauka, 536 p. (In Russian).
13. Глушко В.В., (1968). Тектоника и нефтегазоносность Карпат и прилегающих прогибов. М.: Недра, 263 с.
14. Glyshko V.V., (1968). Tektonika i neftegazonosnost Karpat i prilegayushchikh progibov. Moscow: Nedra, 263 p. (In Russian).
15. Копистянский Р.С., (1959). Значения трещиноватости пород у формирования нефтяных родовищ Раданских Карпат. К.: Вид-во АН УССР, 74 с.

16. Kopystianskiy R.S., (1959). Znatchenna trishchynuvatosti porid u formuvanni naftovykh rodovysch Radanskykh Karpat. K.: Vyd-vo AN URSR, 74 p. (In Ukrainian).
17. Копистянский Р.С., (1968). Проблема трещиноватости пород у нефтяной геологии. К.: Наук.думка, 158 с.
18. Kopystianskiy R.S., (1968). Problema trishchynuvatosti porid u naftovy geologii. Kyiv: Nauk.dumka, 158 p. (In Ukrainian).
19. Копистянский Р.С., (1978). Трещиноватость горных пород и ее значение в нефтегазовой геологии. К.: Наук.думка, 214 с.
20. Kopystianskiy R.S., (1978). Treshchinovost gornyykh porod i ee znachenie v neftegazovoy geologii. Kyiv: Nauk.dumka, 214 p. (In Russian).
21. Про зсувну зону в західній частині Українських Карпат. Гнилко О., (2006). Геологія і геохімія горючих копалин, 3-4, 58-75.
22. Gnylko O., (2006). Pro zsvnu zonu v zakhidniy chastyni Ukrayinskykh Karpat. Geologiya i geokhimiya goruchikh kopalyn, 3-4, 58-75 (In Ukrainian).
23. Субботин С.И., (1955). Глубинное строение Советских Карпат, Киев: Изд-во АН УССР, 260 с.
24. Subbotin S.I., (1955). Glubinnnoe stroenie Sovetskikh Karpat. Kiev: Izd-vo AN USSR, 260 p. (In Russian).
25. Тектоно-магматическая эволюция Карпат / З.М. Ляшкевич, А.П. Медведев, Ю.З. Крупский и др., (1995). К.: Наук. думка, 132 с.
26. Lyashkevitch Z.M., Medvedev A.P., Krupskiy et al., (1995). Tektono-magmaticheskaya evolyutsiya Karpat. Kyiv: Nauk.dumka, 132 p. (In Russian).
27. Шевчук В.В., Волошин О.В., (2002). Динамо-кінематичні умови неогенового магматизму Закарпаття. Вісник Київ. ун-ту. Геологія, 21, 10-13.
28. Shevchuk V.V., Voloshyn O.V., (2002). Dynamo-kinematychni umovy neogenovogo magmatyzmu Zakarpattia. Visnyk Kyivskogo universitetu. Geologiya, 21, 10-13 (In Ukrainian).
29. Шевчук В.В., Василенко А.Ю., (2013). Схема геодинамічного контролю неогенового магматизму Закарпаття. Континентальний неовулканізм Альпійської складчастої зони Східної Європи: Матер. міжнар. науково-практ. конф. К.: Принт-Сервіс, 63.
30. Shevchuk V.V., Vasylenko A.U., (2013). Shema geodynamichnoho kontrolyu neogenovogo magmatyzmu Zakarpattia. Kontynentalnyi neovulkanizm Alpiyskoyi skladchastoyi zony Shidnoyi Evropy: Materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Kyiv: Prynt-Servis, 63 (In Ukrainian).
31. Chlaubinska A., (1928). O spekanii skal na Podolu. Przegl.Georg., 10, 5-32.
32. Cook A.C., Jonson K.R., (1970). Early joint formation in sediments. Geol.Mag., 107, 361-368.
33. Hancock P.L., (1964). The relation between folds and late-formed joints in South Pembrokeshire. Geol.Mag., 101, 174-184.
34. Meere P.A., Rogers J.G., (1999). Fluids associated with mode I fracturing during orogenic exhumation: an example from the Irish Variscides. Fluids and fractures in the lithosphere. Tectonic Study Group of Nancy. Specialized Sessions of the Societe Geologique de France, Nancy, March 26-27, Abstract/Resumes, 39.
35. Sheperd J., Nuntington J.F., (1981). Geological fracture mapping in coalfields and the stress fields of the Sydney Basin. J. Geol.Soc.Australia, 28, 299-309.
36. Swgall P., Pollard D.D., (1983). Joint formation in granitic rocks of Sierra Nevada. Geol. Soc. Amer. Bull., 94, 563-575.
37. Zuchiewicz W., (1998). Cenozoic stress field and jointing in the Outer West Carpathians, Poland. Geodynamics, 26, 1, 57-68.

Надійшла до редколегії 20.06.14

A. Vasylenko, Postgraduate Student, E-mail: an_vass@ukr.net
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasyliivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

SHIFT INDICATORS IN THE TRANSCARPATHIAN DEEP FAULT ZONE

The 1990s marked the beginning of extensive tectonophysical research on the Ukrainian Carpathians based on a combination of kinematical and structural-paragenetic analyses. The in-situ subvertical splits with a north-eastern orientation were found out to outnumber the north-western oriented ones, apparently due to the north-eastern compressional stresses which followed the Carpathian folding. The inclined splits are of a similar orientation. There are, however, numerous sublatitudinal and submeridional tectonic dislocations in the Transcarpathian trough. These can be referred to formerly subvertical splits which were reversed when folding was in progress.

Other dislocations in the Carpathians were caused by the movements in the foundation underlying flysch. This type of dislocation can be illustrated by the Latorytsko-Stryiska strike-slip fault zone whose genesis is associated with a border zone between the two nappe systems in the Outer Carpathians. Due to the presence of different structures the compression of the basin was inhomogeneous in different sections, which resulted in the formation of two different nappe systems divided by the Latorytsko-Stryiska strike-slip fault zone. The tectonic splits and faults in the Ukrainian Carpathians are believed to have been caused mainly by uniform stress; however the evolution of each tectonic area proceeded in an individual way, depending on a number of factors. The interplay between the geodynamical evolution of the Transcarpathian deep fault and the formation of faults in the bordering Carpathian nappes is of particular scientific interest.

A tectonic fault with a north-eastern orientation was found by the author in the Rakhiv nappe during the fieldtrip in 2013. The scheme by M. Gzovskiy having been applied, the relative position of the newly found fault and the Transcarpathian deep fault may suggest dextral strike-slip movements in the Transcarpathian deep fault resulting from transpression. This assumption fits in with the new dynamo-kinematical interpretation of Neogene volcanism in the Transcarpathians, according to which uniform submeridional compression in the Carpathian fold system accounts for the right-side shear zone in the Transcarpathians. It is the Transcarpathian deep fault that makes the north border of the shear zone. These data shed some light on the region's geodynamical evolution, which, however, requires further field research.

Key words: Transcarpathian deep fault, dextral shift, faults, shear zone, dynamo-kinematical model.

А. Василенко, асп., an_vass@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, ул. Васильківська, 90, г. Київ, 03022, Україна

ПРИЗНАКИ СДВИГА В ПРЕДЕЛАХ ЗАКАРПАТСКОГО ГЛУБИННОГО РАЗЛОМА

Тектонофизические исследования разрывных нарушений в Украинских Карпатах с использованием структурно-парагенетического и кинематического методов начались в 90-х годах XX столетия. Было установлено, что в природном залегании субвертикальные трещины имеют преимущественно северо-восточное направление нежели северо-западное, что объясняется северо-восточным сжатием в постскладчатую эпоху. Наклонные трещины также имеют подобную ориентацию. Вместе с тем в Закарпатском прогибе наряду с диагональными системами трещин существенно развиты тектонические нарушения субширотного и субмеридионального направления. Многие из наклонных трещин являются нормально пересекающимися и поэтому охарактеризованы как группа бывших субвертикальных трещин, развернутых в процессе складкоформирования.

Также в Карпатах выделены зоны дислокаций разной ориентации, связанные со смещениями подфлишевого фундамента. Примером такого тектонического нарушения является Латорицко-Стрийская сдвиговая зона, образование которой объясняется зоной сочленения двух покровных систем Внешних Карпат, которые сформировались перед разными фронтами. В связи с этим сжатие бассейна было разным в разных его участках и это послужило причиной формирования двух покровных систем, разделенных указанной сдвиговой зоной. Необходимо отметить, что появление тектонических нарушений в каждом отдельном тектоническом элементе Украинских Карпат, хоть и связано со всеобщим сжатием, но имеет свое индивидуальное развитие, обусловленное разными факторами. В частности, интересным является вопрос взаимосвязи геодинамической эволюции Закарпатского глубинного разлома и образования трещин в покровах, граничащих с ним.

Во время полевых работ, проведенных автором в 2013 году на территории Раховского покрова, прослежено тектоническое нарушение антикарпатского направления. Согласно со схемами М.В. Гзовского, взаимное расположение данного нарушения и Закарпатского глубинного разлома позволяет предположить, что оно является признаком правого сдвига, который образовался в пределах данного глубинного разлома в условиях транспрессии. Это предположение хорошо согласуется с новой схемой тектоно-магматической активизации Закарпатья, согласно которой под действием субмеридионального сжатия в пределах Закарпатского прогиба реализовалась правосторонняя зона скальвания. Согласно данной схеме, северной границей зоны скальвания является именно Закарпатский глубинный разлом. Такое предположение позволяет несколько по-новому оценить особенности геодинамического развития региона, однако требует дальнейших детальных полевых исследований.

Ключевые слова: Закарпатский глубинный разлом, правосторонний сдвиг, тектонические нарушения, зона скальвания, динамо-кинематическая схема.

УДК 551.4:528.067.4 (477.87)

Т. Андрієць, асп., E-mail: tanya4la@gmail.com
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ПОСТМАГМАТИЧНА ЕВОЛЮЦІЯ ВУЛКАНІЧНИХ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ВИГОРЛАТ-ГУТИНСЬКОГО ПАСМА ЗА ДАНИМИ СТРУКТУРНО-МОРФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

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

Вулканічний хребет є одним з районів, де магматичні структури добре виражені в тектонічній будові, в геофізичних полях та сучасному рельєфі, що дозволяє застосовувати низку геолого-геоморфологічних методів для їх аналізу та еволюції. Структурно-морфометричний аналіз В. Філософова є одним з методів, за допомогою якого виконується ґрунтовний аналіз сучасного і палеорельєфу та відтворюється історія тектонічних рухів території. Метою досліджень є відтворення постмагматичної еволюції вулканічних структур в межах центральної частини Вигорлат-Гутинського вулканічного хребта та визначення амплітуд новітніх рухів на основі детального аналізу структурно-морфометричних поверхонь різного генезису та порядків. В межах гірсько-складчастої області Українських Карпат класична методика структурної морфометрії застосовується вперше. Для території дослідження в середовищі ГІС побудовано карти порядків долин та вододілів, базисні та вершинні поверхні. З метою автоматизації морфометричних побудов створено програмний модуль "Morphometry", за допомогою якого побудовано карти залишкового рельєфу та локального розмиву, різниці базисні та вершинні суміжних порядків, вершинно-базисні одного порядку та їх різниці. Комплексний аналіз наявних геолого-геофізичних даних та структурно-морфометричних показників дає можливість визначити просторове положення зон, в межах яких складно поєднати локальні тектонічні структури, перетинаються розломні порушення різного рангу, генезису і простягання, та простежити їх неотектонічну активність. Визначено п'ять етапів тектонічної активності тектоно-магматичних структур Чинадівської, Пузньківської, Грабівської та вулканокупольних структур (палеостратовулканів) Обавського Каменю, Шкітени, Синяк, Дехманів. Одержані результати важливі для більш глибокого пізнання сучасної геодинаміки, встановлення взаємозв'язків між глибинними процесами та зовнішньою динамікою, визначення закономірностей поширення небезпечних геологічних процесів. Результати досліджень є основою для реконструкції еволюції рельєфу, розвитку структурно-тектонічних одиниць в різних регіонах Карпатської гірсько-складчастої області, а використання розробленого модуля дає можливість будувати морфометричні поверхні різного порядку та генезису з метою вивчення процесів морфогенезу та неотектоніки територій зі складним гірським вулканічним рельєфом.

Ключові слова: структурна морфометрія; новітні рухи; ГІС; рельєф; морфогенез.

Постановка проблеми. В Українських Карпатах взаємозв'язки між внутрішньою динамікою земної кори та екзогенними процесами мають пряме вираження, де сучасна геодинамічна активність виявляється в постійній сейсмічності, повсюдному поширенні небезпечних геологічних процесів та розвитку геоморфологічних форм різного рангу. Свідченням тектонічного розвитку в минулому є наявність результатів магматичної діяльності в межах Закарпатського прогину, що завершилася в кінці пліоцену на початку плейстоцену. Вулканічний Вигорлат-Гутинський хребет є одним з районів, де тектоно-магматичні структури та їх елементи добре виражені в структурному плані, проявляються в геофізичних

полях та сучасному рельєфі, характеризуються наявністю зруденіння, мінеральних вод.

Вивченню Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма присвячували свої роботи М. Короновський, Є. Малеев, В. Соболев, Є. Спірідонов, В. Радзівіл, Б. Мерліч, С. Спітковская, З. Ляшкевич, Я. Кравчук та багато інших. Результати різнобічних досліджень з геофізики, тектоніки, петрографії, геоморфології вулканічних структур зосереджені в роботах [2; 3; 5-7; 9; 11; 12; 14-18 та ін.]. Незважаючи на значний обсяг накопичених даних, важливими фундаментальними питаннями, що залишаються не вирішеними, є відтворення постмагматичної еволюції окремих вулканотектонічних структур, їх просторового співвідношення, динаміки впродовж пев-

них етапів. Залишається не до кінця з'ясованим питання наявності кальдер в структурі давніх вулканів. Виділення вулканічних центрів в межах даної області є надзвичайно складним завданням, яке може бути вирішене на основі детальної зйомки разом з геоморфологічним аналізом [16].

В області Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма через його накладений характер на структурні одиниці різного рангу, наявність декількох магматичних комплексів, що складають вулканічні структури різних порядків, виражених у сучасному рельєфі, одним з перспективних напрямів досліджень є використання геоморфологічних методів. Структурно-морфометричний аналіз В. Філософова [20] є одним з методів, що дозволяє за мінімальних матеріально-технічних витрат виконати ґрунтовний аналіз сучасного і палеорельєфу та простежити його взаємозв'язок із тектонічними структурами.

Метою досліджень є відтворення поетапної постмагматичної еволюції вулканічних структур Синяк, Обавський Камінь, Борлів Діл та ін., що знаходяться в межах центральної частини Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма, із визначенням амплітуд новітніх рухів на основі детального аналізу структурно-морфометричних поверхонь різного генезису та порядків.

Геологічна будова. Полігон досліджень належить до Вигорлат-Гутинської вулканічної зони Закарпатського прогину. На території наявні тектоно-магматичні структури II порядку (депресії): Чинадіївська та Пузняківська (з Грабівською інтрузивно-купольною структурою), вулканокупольні структури (палеостратовулкани) III порядку: Обавський Камінь, Шкітена, Синяк, Дехманів [15]. На південний захід від Чинадіївської структури зосереджений Кучавський вулкан [12; 19]. Структури складені кучавським, матеківським, синяцьким та обавським магматичними комплексами понту та дакій-румунію, середня потужність кожного комплексу змінюється від 50 до 500 м. Магматична діяльність обумовила створення нових розломів та омолодження більш давніх північно-західного та північно-східного напрямків, які контролювали процеси вулканізму. З індивідуальними особливостями і розвитком розломів пов'язана асиметрія вулканічних структур, що проявляється в загальному перекосі на південний захід (пониженні в цьому напрямі відміток як довулканічного, так і поствулканічного рельєфу) [14]. Міграція кожного прояву вулканізму в просторі і в часі проходила із заходу на схід разом з міграцією тектонічних процесів [6; 9]. Час завершення вулканічної діяльності на сьогодні залишається остаточно нез'ясованим, зазвичай він приймається як пізній пліоцен-ранній плейстоцен. Магматичні утворення неогену перекриті четвертинними, відкладами, що представлені алювіальними, делювіальними, пролювіальними генетичними типами, потужність яких змінюється від 1 до 400 м. Геоморфологічно область належить до Вигорлат-Гутинського денудаційно-вулканічного низькогір'я на неогенових відкладах [13].

Результати досліджень. Для дослідженої території за методикою В. Філософова в середовищі ГІС побудовано карти порядків долин та вододілів, базисні та вершинні поверхні. З метою більш повного аналізу рельєфу та тектоніки розроблений модуль "Morphometry", за допомогою якого побудовано карти залишкового рельєфу та локального розмиву, а також різниці базисні та вершинні поверхні суміжних порядків, вершинно-базисні поверхні одного порядку. Оскільки початково метод розроблявся для аналізу тектоніки і неотектоніки в основному платформних областях, постала необхідність визначення можливостей його застосування в гірськскладча-

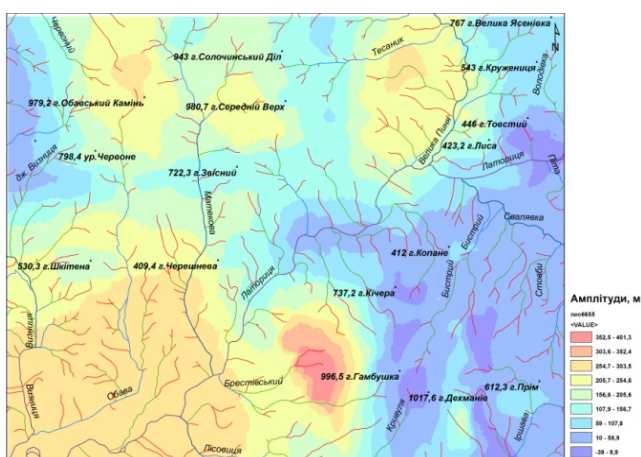
стій області з вулканічним рельєфом. З аналізу сукупності морфометричних поверхонь визначено, що найвищі інформативність в регіоні мають карти базисних та вершинних поверхонь, карти локального розмиву гірських порід, різниці вершинно-базисні поверхні одного порядку та їх різниці. За допомогою цих поверхонь відтворено поетапну еволюцію рельєфу, встановлено взаємозв'язок із локальними тектонічними структурами регіону, простежено їх активність у різні періоди.

Структурний план регіону досліджень є одним з найбільш складних в Карпатах, що пройшов тривалу історію розвитку, яка продовжується до сьогодні, і характеризується наявністю декількох геотектонічних етапів впродовж неоген-четвертинного часу, які фіксуються морфометричними поверхнями рельєфу шести порядків. Оскільки в регіоні досліджень остання фаза складчастості і зокрема, становлення структурної основи гірського рельєфу за С.С. Кругловим, С.Є. Смірновим та ін. [8] датується пізнім пліоценом-раннім плейстоценом (валаська фаза), це дає можливість визначити вік структурно-морфометричних поверхонь найвищого порядку. З валаською фазою складчастості пов'язано завершення формування Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма, яке майже повністю охоплює полігон досліджень. Тому вік морфометричних поверхонь найвищого порядку можна вважати не древнішим 2-1,8 млн р. Таким чином, в історії формування рельєфу території дослідження виділено п'ять етапів: I (6-й порядок); II (5-й порядок); III (4-й порядок); IV (3-й порядок); V (2-й та 1-й порядки), що характеризуються структурно-морфометричними поверхнями шести порядків та охоплюють четвертинний період. Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо є порівняно молодого морфоструктурою, яка досить добре виділяється в сучасному рельєфі за висотними відмітками, ерозійною мережею, що поєднує в собі риси радіально-відцентрового типу з розгалуженими деревовидними (дендричними) формами, та радіальним характером мережі вододілів. Означені особливості чітко відображують структурні характеристики давніх стратовулканів, підкреслюючи їх куполоподібні обриси. З аналізу ерозійної мережі можна зробити висновок про кількаразове врізування долин як низьких, так і високих порядків, що говорить про неодноразову зміну рівнів регіональних базисів ерозії під впливом як тектонічних процесів, так і фізико-географічних факторів. Долинна система р. Латориця є головною на території дослідження і приурочена до міжгірського прогину та закладена на давній рухомій зоні. Так, коливання базису ерозії р. Латориця у верхів'ях та нижній течії призводило або до підсилення, або до пониження активності процесів денудації, що в свою чергу впливало на інтенсивність препарування хребтів притоками нижчих порядків. З долиною р. Латориця збігається Сусковський розлом, південно-східніше від нього виділяють Пасікський, а під магматичними утвореннями вулкану Борлів Діл наявний Латорицький розлом. Східніше м. Мукачево за ланцюгом невеликих аномалій геомагнітного поля в меридіональному напрямку простежується Мукачівський розлом [18]. В результаті геологічної інтерпретації базисних та вершинних поверхонь, побудованих за ерозійними одиницями і вододілами різного порядку, з додатковим аналізом карт локального розмиву та різниць поверхонь виявлено певні закономірності в тектонічній будові та еволюції структур. За методикою В. Філософова для вивчення новітньої тектоніки використовують різниці вершинно-базисні поверхні одного порядку, що показують сумарні значення амплітуд від найдавнішого часу до сучасного відповідно до

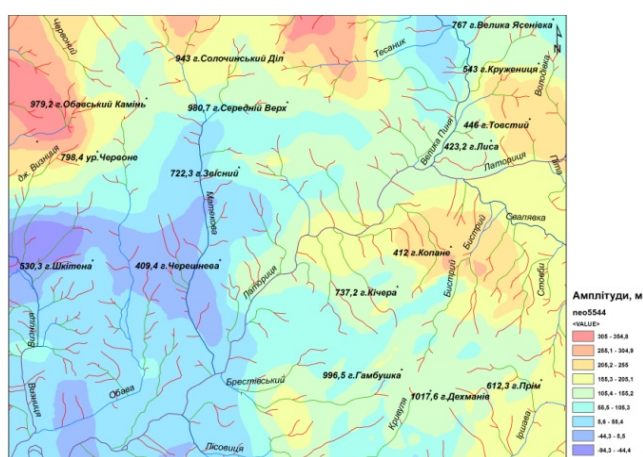
порядку поверхні. Амплітуди на означених поверхнях мають здебільшого додатні значення, що не дозволяє відслідкувати знак новітніх рухів впродовж певних етапів. Тому обґрунтовано побудову та визначено необхідність аналізу карт різниць різницеви́х вершинно-базисних поверхонь суміжних порядків, що дозволять виявити та відстежити тектонічну активність локальних структур (рис. 1-3).

Область, що просторово відповідає Чинадівській та Кучавській тектоно-магматичним структурам, які складені магматичними утвореннями кучавського комплексу пізнього панону, зосереджена на крайньому південному заході території і окреслюється рр. Латориця, Визниця, Обава, Лісовиця. На карті локального розмиву 6-го порядку вона характеризується максимальними значен-

нями, що в плані дорівнює близько 8х9 км. Продовжується на північ та схід під більш пізні матеківський, синяцький та обавський магматичні комплекси дакій-румунію. Означена область протягом I етапу розвитку зазнала підняття з максимумами амплітуд 205,7-303,5 м. Пізніше, під час II етапу підняття, дещо уповільнилися, що зафіксовано в зниженні значень амплітуд до 5,6-105,3 м. У центральній частині виділеної області відбувалися низхідні рухи в межах Латорицької екструзивно-купольної структури [19] з амплітудами -44,3 м (рис. 1). Протягом III-IV етапів територія зазнала підняття на 8,5-104,4 м (рис. 2). Більша частина території в межах виділених структур протягом V етапу піднімається з амплітудами рухів від 10-73 до 135,9 м (рис. 3).

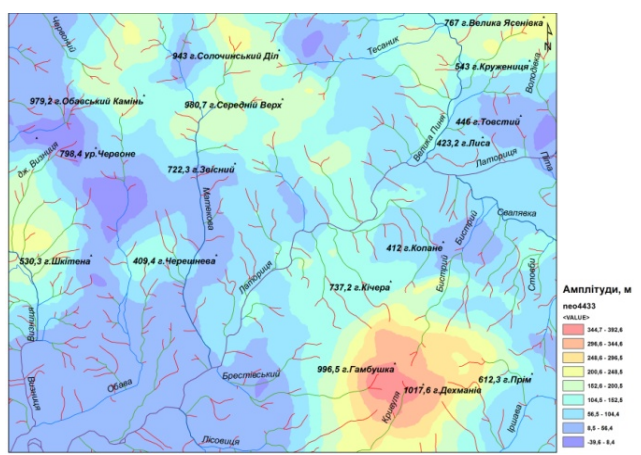


а

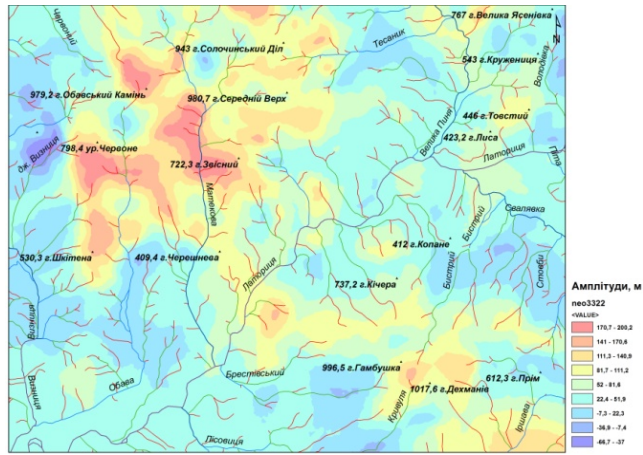


б

Рис. 1. Розподіл амплітуд новітніх рухів за етапами: а – I; б – II



а



б

Рис. 2. Розподіл амплітуд новітніх рухів за етапами: а – III; б – IV

У верхів'ях р. Матекова на широті г. Звісний та Середній Верх виділяється область, що відповідає Оленівському довулканічному розлому (Синяцький), який є скидом з піднятим правим блоком та опущеним лівим (за даними геологічного картування масштабу 1:50 000). Означена область фіксується ділянкою високих значень локального розмиву 6-го порядку, розміри в плані якої складають 3х6 км. На півдні ділянки розлом у субширотному напрямку перетинають два другорядні розломи, які західніше долини р. Матекова мають субмеридіональне простягання до г. Обавський Камінь. Південніше означених другорядних розломів Оленівський в субширотному напрямку перетинають передбачувані за ВЕЗ і гравіметриєю продовження зони скель під вулканітами та розлом в борті Мукачівської депресії.

Наявність тут низки кальдерних структур підтверджується даними магнітометрії, ВЕЗ та гравіметрії, хоча кількість і точне місцезоположення до сьогодні є дискусійним. Слід зазначити, що означена область в долині р. Матекова виділяється за високими значеннями локального розмиву гірських порід всіх порядків, розміри її змінюються від 4х9 до 4х12 км. Амплітуди новітніх рухів тут протягом четвертинного періоду коливаються в широких межах, диференційований характер в розподілі яких характеризує тектонічні рухи за означеними розломними порушеннями. Так, протягом I етапу спостерігається певна зональність в розподілі новітніх рухів з півночі на південь. На широті г. Середній Верх амплітуди підняття сягають 205,7-254,6 м, що на широті г. Звісний знижуються до 107,9-156,7 м з деяким зрос-

танням в напрямку г. Черешневої. Зафіксовані високі темпи підняття вже під час II етапу знижуються. Максимуми амплітуд в цей час спостерігаються в долині р. Матекова між гг. Солочинський Діл та Середній Верх і дорівнюють 105,4-205,1 м. На південь від г. Середній Верх спостерігається пониження амплітуд до 55,4-5,6 м (рис. 1). Вздовж долини р. Матекова, на захід від г. Черешнева, зафіксовано амплітуди -44,3-5,5 м, що свідчать про низхідні рухи вздовж прибортового розлому Мукачівської западини. Протягом III етапу підняття фіксуються максимумами амплітуд в долині р. Матекова на широті г. Середній Верх 152,6-200,5 м, що на південь до г. Черешнева знижуються до 56,4-8,5 м. Висока тектонічна активність спостерігається і протягом IV етапу (рис. 2). Впродовж V етапу тут відмічено посилення новітньої активності структур, що фіксується високою диференціацією значень амплітуд в просторі від 293,3 до 41,6 м (рис. 3).

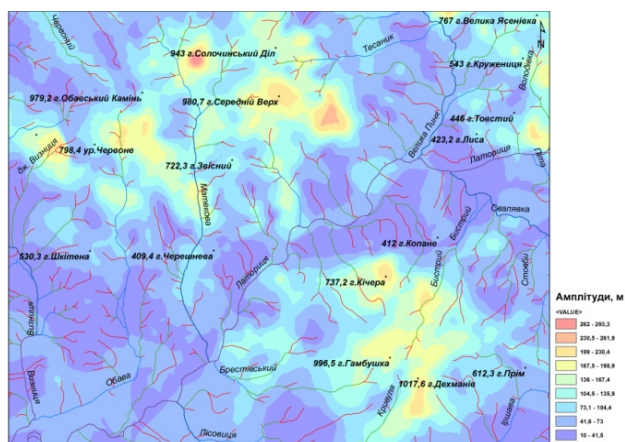


Рис. 3. Розподіл амплітуд новітніх рухів протягом V етапу

На північний захід від г. Кічера та до місця впадіння р. Матекова в Латорицю виділяється область, що в структурному відношенні відповідає Мукачівському розлому, на південний схід від якого поверхня донеогової основи піднімається до -400-(-200) м, а на північний захід занурюється до -600-(-1200) м [1]. Означена область фіксується за морфометричними ознаками, а саме на карті локального розмиву 5-го порядку тут виділяється ділянка аномально високих значень розміром 3,5x8,5 км. Також на базисній поверхні 5-го порядку наявне ущільнення ізобазит, що спостерігається на правому березі р. Латориця південно-східніше г. Черешнева. Розміри зони становлять 0,57-1x9,4 км. Тектонічна активність означеної області протягом I-го етапу характеризується зростанням значень амплітуд рухів від 10-58,9 м до 205,7-254,6 м у напрямку Закарпатського прогину. Пізніше, під час II етапу, відбувається інверсія рухів – там, де впродовж минулого етапу зафіксовано понижені значення, спостерігається зростання темпів підняття з амплітудами 150,3-205,1 м зі зниженням їх в західному напрямку до 5,6-55,4 м (рис. 1). Протягом III етапу означена ділянка зазнавала підняття з амплітудами новітніх рухів 104,5-152,5 м, які знижуються до 56,5 м в західному напрямку. Підняття продовжуються протягом IV етапу, їх амплітуди становлять близько 52-111,2 м (рис. 2), які дещо знизилися впродовж V до 10-104,4 м (рис. 3).

Територія, що обмежується долиною р. Визниця з лівою притокою дж. Визниця та долинами 3-4-го порядку та лінією гг. Бердо-Шкітена, в геологічному відношенні відноситься до Пузняківської тектоно-магматичної структури, що оконтурюється радіальним

синвулканічним розломом. На північ від дж. Визниця в межах означеної структури виділяється Грабівське вулканокупольне підняття [15]. Південніше г. Бердо та урочища Червоного в широтному напрямі передбачається продовження під вулканітами зони скель і бортового розлому Мукачівської депресії (за даними геологічного картування масштабу 1:50 000). Область фіксується за максимумами локального розмиву всіх порядків, підковоподібними вигинами ізобазит і суттєвим їх ущільненням на базисній поверхні 4-го порядку. З південного сходу ділянка оконтурюється субмеридіональною зоною ущільнення ізогіпсоазит на вершинній поверхні 3-го порядку. Поблизу окремих вершин ізогіпсоазити набувають підковоподібної форми, створюючи своєрідні уступи. Особливості в структурному плані також підтверджуються високою просторово-часовою мінливістю в розподілі амплітуд новітніх рухів. Під впливом регіональних підняття впродовж I етапу постмагматичної еволюції південна частина означеної ділянки характеризується максимальними значеннями амплітуд 205,7-254,6 м. Темпи підняття знижуються до 10-58,9 м у верхів'ях дж. Визниця і північніше в межах Грабівського вулканокупольного підняття. Протягом більш пізнього, II етапу, як і на більшій частині території, відбувається інверсія в розподілі амплітуд – в межах Грабівського вулканокупольного підняття фіксується зростання амплітуд новітніх рухів до максимальних 155,3-354,8 м. На південь до широти г. Шкітена амплітуди знижуються до -44,4 – -94,3 м (рис. 1), що пов'язується, очевидно, з низхідними рухами в прибортовій зоні Мукачівської западини. Протягом III етапу темпи підняття уповільнюються до 8,4 м, зафіксовано опускання до близько -39,6 м у межах Пузняківської структури (верхів'я дж. Визниця) із зростанням амплітуд підняття до 248,5 м південніше означеної структури (рис. 2,а). У межах Пузняківської структури (південна частина) протягом IV етапу продовжуються опускання до -66,7 – -37 м (рис. 2,б). Означена ділянка, як і вся територія, протягом V етапу зазнає регіональних підняття, амплітуди яких коливаються від мінімальних 10-41,5 м на півдні до максимальних 199-230,4 м у верхів'ях дж. Визниця.

Висновки. Реалізація структурно-морфометричного аналізу в центральній частині Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма дозволила провести аналіз процесів геоморфогенезу, визначити особливості прояву тектонічної будови в рельєфі території, проаналізувати характер новітніх рухів. В історії розвитку формування рельєфу та вулканічних структур впродовж постмагматичної стадії виділено п'ять етапів, які описуються структурно-морфометричними поверхнями шести порядків. Визначено етапи тектонічної еволюції та диференційований характер тектонічних рухів в межах Пузняківської (з Грабівським вулканокупольним підняттям), Чинадіївської тектоно-магматичних структур, Оленівського розлому в межах палеостратовулкана Синяк, Кучавського вулкана, Мукачівського розлому між вулканокупольними структурами Синяк та Дехманів. Проведені дослідження підтверджують можливість вивчення неотектоніки на основі комплексного аналізу числових і геоморфологічних характеристик сучасного та палеорельєфу.

Список використаних джерел

1. Буров В.С., Вишняков І.Б., Вуль М.А. і др., (1986). Тектоническая карта Украинских Карпат. Масштаб 1:200 000.
Burov V.S., Vishniakov I.B., Bul M.A. et al., (1986). Tectonic map of the Ukrainian Carpathians. 1:200 000 scale [Tektonicheskaja karta Ukrainskih Karpat]. (In Russian).
2. Геология СССР. Т. XLVIII. Ч. 1. Геологическое описание, (1966). М., 540 с.

Geology of the USSR. Vol. XLVIII. P. 1. Geological description [Geologiya SSSR. T. XLVIII. Ch. 1. Geologicheskoe opisanie], (1966). Moscow, 540 p. (In Russian).

3. Гофштейн И.Д., (1964). Неотектоника Карпат. К., Изд-во АН УССР, 184 с.

Gofshtein I.D., (1964). Neotectonics of the Carpathians [Neotektonika Karpat]. Kyiv, 184 p. (In Russian).

4. Гофштейн И.Д. (1995). Геоморфологический очерк Украинских Карпат. К., 86 с.

Gofshtein I.D., (1995). Geomorphological essay of the Ukrainian Carpathians [Geomorfologicheskii ocherk Ukrainiskih Karpat]. Kyiv, 86 p. (In Russian).

5. Данилович Л.Г., (1972). Магматизм и тектоника Карпат. Геотектоника, 3, 87–98.

Danilovich L.G., (1972). Magmatism and tectonics of the Carpathians [Magmatizm i tektonika Karpat]. Geotektonika – Geotectonics, 3, 87–98 (In Russian).

6. Данилович Л.Г., (1975). Магматизм Карпат и вопросы геодинамики. Геология и геохимия горючих ископаемых, 42, 3–13.

Danilovich L.G., (1975). Magmatism of the Carpathians and geodynamic issues [Magmatizm Karpat i voprosy geodinamiki]. Geologiya i geokhimiya goruchih iskopaemyh – Geology and geochemical of the combustible minerals, 42, 3–13 (In Russian).

7. Кравчук Я.С., (2011). Рельеф вулканічного пасма Українських Карпат. Львів, 189 с.

Kravchuk Y.S., (2011). Volcanic chain relief of the Ukrainian Carpathians [Relief Vulkanichnogo pasma Ukrayinskyh Karpat]. Lviv, 189 p. (In Ukrainian).

8. Круглов С.С., Смирнов С.Е., Спитковская С.М. и др., (1985). Геодинамика Карпат. К., 136 с.

Kruglov S.S., Smirnov S.E., Spitkovskaya S.M. et al., (1985). Geodynamics of the Carpathians [Geodinamika Karpat]. Kyiv, 136 p. (In Russian).

9. Ляшкевич З.М., (2004). Кайнозойский вулканизм Украинских Карпат и его значение для геодинамических реконструкций. Геофизический журнал, 26, 87–95.

Lyashkevich Z.M., (2004). The Cainozoic volcanism of the Ukrainian Carpathians and its value for geodynamic reconstructions [Kainozoiskiy vulkanizm Ukrainiskih Karpat i ego znachenie dlya geodinamicheskikh rekonstruktsiy]. Geofizicheskii zhurnal – Geophysical journal, 26, 87–95 (In Russian).

10. Максимчук В.Ю., Кузнецова В.Г., Вербицкий Т.З. та ін., (2005). Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. К., 256 с.

Maksymchuk V.Y., Kuznetsova V.G., Verbitsky T.Z. et al., (2005). Recent geodynamics research of the Ukrainian Carpathians [Doslidzhennya suchasnoyi geodynamiky Ukrayinskyh Karpat]. Kyiv, 256 p. (In Ukrainian).

11. Малеев Е.Ф., (1964). Неогеновый вулканизм Закарпатья. М., 252 с.

Maleev E.F., (1964). The Neogene volcanism of Zakarpattia [Neogenovyy vulkanizm Zakarpattya]. Moscow, 252 p. (In Russian).

12. Мацьків Б.В., Ковалов Ю.В., Пукач Б.Д., Воробканич В.М., (2003). Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші М-34-XXIX (Сніна), М-34-XXXV (Ужгород), L-34-V (Сату-Маре). Київ, 96 с.

Matskiv B.V., Kovalov Y.V., Pukach B.D., Vorobkanych V.M., (2003). State geological map of Ukraine, 1:200 000 scale, M-34-XXIX (Snina), M-34-XXXV (Uzhgorod), L-34-V (Satu Mare) sheets [Derzhavna geologichna karta mashtabu 1:200 000: M-34-XXIX (Snina), M-34-XXXV (Uzhgorod), L-34-V (Satu Mare)]. Kyiv, 96 p. (In Ukrainian).

13. Палієнко В.П., Матош А.В., Барщевський М.Є. та ін. (2005). Сучасна динаміка рельєфу України. К., 268 с.

Palienko V.P., Matosh M.E., Barschevsky M.E. et al., (2005). Recent relief dynamics of Ukraine [Suchasna dynamika relefu Ukrayiny]. Kyiv, 268 p. (In Ukrainian).

14. Радзивил В.Я., (1989). Классификация неогеновых тектоно-магматических структур Закарпатья. Тектоносфера Украины, 136–140.

Radzivil V.Y., (1989). The Neogene tectonic-magmatic structures classification of Zakarpattia [Klassifikatsiya neogenovyh tektono-magmaticheskikh struktur Zakarpattya]. Tektonosfera Ukrainy – Tectonic environment of Ukraine, 136–140 (In Russian).

15. Радзивил В.Я., Радзивил В.Я., Токовенко В.С., (1986). Тектоно-магматические структуры неогена (Региональная геотектоника Украины). К., 160 с.

Radzivil V.Y., Radzivil V.Y., Tokovenko V.S., (1986). The Neogene tectonic-magmatic structures (Regional geotectonics of Ukraine) [Tektono-magmaticheskie struktury neogeya (Regionalnaya geotektonika Ukrainy)]. Kyiv, 160 p. (In Russian).

16. Соболев В.С., Костюк В.П., Бобричев А.П. и др., (1955). Петрография неогеновых вулканических и гипабиссальных пород Советских Карпат. К., 248 с.

Sobolev V.S., Kostyuk V.P., Bobrievich A.P. et al., (1955). The Neogene volcanic and hypabyssal rocks petrography of Soviet Carpathians [Petrografia neogenovyh vulkanicheskikh i gipabissalnyh porod Sovetskikh Karpat]. Kyiv, 248 p. (In Russian).

17. Спитковская С.М., (1966). Морфология и закономерности формирования неогеновых гипабиссальных интрузий Закарпатья. Геологический сборник, 10, 94–105.

Spitkovskaya S.M., (1966). The Neogene hypabyssal intrusions morphology and forming mechanisms of Zakarpattia [Morfologiya i zakonornosti formirovaniya gipabissalnyh intruziy Zakarpattya]. Geologicheskii sbornik – Geological collection, 10, 94–105 (In Russian).

18. Субботин С.И., (1979). Вопросы гравиметрии, исследования земной коры и мантии, теория тектогенеза: Избранные труды. К., 376 с.

Subbotin S.I., (1979). The issues of gravimetry, Earth's crust and mantle research, theory of tectogenesis: Selected works [Voprosy gravimetrii, issledovaniya zemnoy kory i letosfery: Izbrannye trudy]. Kyiv, 376 p. (In Russian).

19. Титов Э.М., Титов В.И., Кречковский З.С. и др., (1975). Отчет по доизучению геологического строения в масштабе 1:50 000 территории листов М-34-129-В-Г, М-34-130-В-Г. Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Мукачевской вулкано-тектонической депрессии Закарпатья. Берегово, 250 с.

Titov E.M., Titov V.I., Krechkovskiy Z.S. et al., (1975). Geological structure research of M-34-129-V-G, M-34-130-V-G sheets (1:50 000 scale) report. Geology and minerals of Mukachevsk volcanic-tectonic depression west part of Zakarpattia [Otchet po doizucheniyu geologicheskogo stroeniya v mashtabe 1:50 000 territorii listov M-34-129-V-G, M-34-130-V-G. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye zapadnoy chasti Mukachevskoy vulkano-tektonicheskoy depressii Zakarpattya]. Beregovo, 250 p. (In Russian).

20. Философов В.П., Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов, 232 с.

Filosofov V.P., (1975). The morphometric method rudiments of tectonic structures search [Osnovy morfometricheskogo metoda poiskov tektonicheskikh struktur]. Saratov, 232 p. (In Russian).

Надійшла до редколегії 23.06.14

T. Andriets, Postgraduate Student, E-mail: tanya4la@gmail.com
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

POST-MAGMATIC EVOLUTION OF THE VOLCANIC STRUCTURES IN THE CENTRAL VYHORLAT-HUTYNSKA RIDGE: A STRUCTURAL-MORPHOMETRIC ANALYSIS

The volcanic ridge is a region with tectonic-magmatic structures characterized by a specific tectonic pattern, geophysical fields and topography. These structures being well-marked features of the relief, their evolution can be traced by employing geomorphological methods. The structural-morphometric method developed by P. Filosofov can be used for both a detailed analysis of recent and ancient relief and research into the history of tectonic movements. This research is aimed at determining the postmagmatic history of the volcanic structures and estimating the amplitudes of the recent movements using detailed data on the structural-morphometric surfaces of different genesis and order. The classic structural-morphometric technique has been used for the first time to study the folded area of the Ukrainian Carpathians. GIS have been used to create maps of the stream orders and watersheds, as well as the basic and summit surfaces for the area under study. A program module "Morphometry" has been designed for a more detailed analysis of the relief evolution and tectonic movements. There have been created maps of the residual relief and local erosion of rocks, basic and summit differences of adjacent orders, summit-basic differences of single order. Geological, geophysical data and structural-morphometric indices were analyzed to determine the attitude of the zones combining complex local tectonic units. There have been defined five stages in the tectonic activity of the Chynadiyivsk, Puznyakivsk, Grabivsk tectonic-magmatic structures and Obavskyyi Kamin, Shkitena, Synyak, Dekhmaniv ancient volcanoes. The obtained results are of crucial importance in pushing back the frontiers of contemporary geodynamics, determining the correlations between underground and exogenous processes, and studying natural hazards. Our research results can be used to trace the evolution of relief and the development of tectonic units in other areas of the folded Carpathians. The designed module can be of practical use in modelling morphometric surfaces of different order and genesis, which will enhance the understanding of morphogenesis and the neotectonics of complex mountainous volcanic relief terrain.

Key words: structural morphometry; tectonic movements; GIS; relief; morphogenesis.

Т. Андриец, асп., tanya4la@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ПОСТМАГМАТИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВИГОРЛАТ-ГУТИНСКОЙ ГРЯДЫ ПО ДАННЫМ СТРУКТУРНО-МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Вулканический хребет является одним из регионов, где магматические структуры проявлены в тектоническом строении, в геофизических полях и современном рельефе. Это дает возможность более широкого использования геоморфологических методов для изучения истории их формирования. Структурно-морфометрический метод В. Философова – один из немногих методов, позволяющий выполнить детальный анализ современного и палеорельефа, а также восстановить историю тектонических движений. Целью исследований является восстановление постмагматической эволюции вулканических структур, определение амплитуд новейших движений на основе детального анализа структурно-морфометрических поверхностей разного генезиса и порядка. В горноскладчатой области Украинских Карпат классическая методика структурной морфометрии используется впервые. Для территории исследований в среде ГИС построены карты порядков долин и водоразделов, базисные и вершинные поверхности. С целью более полного анализа эволюции рельефа и тектонических движений разработан программный модуль "Morphometry". С использованием модуля построены карты остаточного рельефа и локального размыва горных пород, разностные базисные и вершинные смежных порядков, вершинно-базисные одного порядка и их разности. Комплексный анализ геолого-геофизических данных и структурно-морфометрических показателей дал возможность определить пространственное положение зон, в пределах которых сложно сочетаются локальные тектонические структуры, пересекаются разломные нарушения разного ранга, генезиса и простираения, и проследить их неотектоническую активность. Установлено пять этапов тектонической активности тектоно-магматических структур Чинадиевской, Пузняковской, Грабовской и вулканопольных структур (палеостратовулканов) Обавского Камня, Шкитены, Синяк, Дехманов. Полученные результаты важны для более глубокого познания современной геодинамики, установления взаимосвязей между глубинными процессами и внешней динамикой, определения закономерностей распространения опасных геологических процессов. Также результаты исследований являются основой для реконструкции эволюции рельефа, развития структурно-тектонических единиц в разных регионах Карпатской горноскладчатой области. Использование разработанного модуля дает возможность строить морфометрические поверхности разного порядка и генезиса с целью изучения процессов морфогенеза и неотектоники территорий со сложным горным вулканическим рельефом.

Ключевые слова: структурная морфометрия; новейшие движения; ГИС; рельеф; морфогенез.

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 55(477)+552.321.5

Е. Кириенко, магистр, E-mail: L.Kirienko@rambler.ru,

А. Митрохин, д-р геол. наук, проф., E-mail: Mitrokhin.a.v@yandex.ua

Тел.: +38(044)521-33-38

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАББРОИДОВ ГОРОДИЩЕНСКОГО МАССИВА (КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСКИЙ ПЛУТОН УКРАИНСКОГО ЩИТА)

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол. наук, доц. С.Е. Шнюковым)

Работа, которой посвящена данная статья, заключалась в выяснении возможности использования минералого-петрографических особенностей главных породных представителей Городищенского массива при решении задач геологического расчленения и корреляции интрузивных образований Корсунь-Новомиргородского плутона, а также при определении условий их формирования. При этом использовались минералого-петрографические и геохимические методы. В результате, выполненные исследования дополнили материалы предшественников о минеральном составе габброидов Корсунь-Новомиргородского плутона. Кроме того, впервые в изучаемых породах диагностированы такие акцессорные минералы как бадделлит, ортит, монацит и торит. Определено, что главные породообразующие минералы исследуемых габброидов характеризуются значительной изменчивостью химического состава, которая связана с петрографическим типом горной породы, зональностью отдельных минеральных зерен и микроструктурами распада твердых растворов. В дальнейшем, выявленные особенности минерального состава габброидов Городищенского массива и вариации химизма породообразующих минералов рекомендуется использовать при решении задач геологического расчленения и корреляции интрузивных образований Корсунь-Новомиргородского плутона, а также при выяснении их петрогенезиса.

Ключевые слова: анортозиты, нориты, калишпатовые нориты, оливиновые нориты, габбро-анортозитовые массивы, Корсунь-Новомиргородский плутон, Украинский щит.

Вступ. Городищенский массив (ГМ), совместно с еще тремя габбро-анортозитовыми массивами, входит в состав Корсунь-Новомиргородского плутона (КНП) анортозит-рапакивигранитной формации Украинского щита. Это типичный представитель характерных для протерозоя интрузивных массивов анортозитов автономного типа (massif type anorthosites). ГМ расположен на территории Черкасской области. Его породы обнажаются вдоль р. Ольшанка на участке между г. Городище и с. Вороновка. Полевые геологические наблюдения, результаты бурения, а также материалы геофизических исследований позволили установить, что породы ГМ занимают площадь 194 км² [3]. В плане массив имеет форму неправильного овала, несколько вытянутого в субмеридиальном направлении. В разрезе он имеет характерную для протерозойских анор-

тозитовых массивов пластиноподобную форму. ГМ тяготеет к западному флангу КНП. С трех сторон он окружен выходами гранитоидов корсунь-новомиргородского комплекса и лишь на западе контактирует с метаморфическими и ультраметаморфическими образованиями ингуло-ингулецкой серии и кировоградского комплекса. В петрографическом составе ГМ предшественники выделяют: анортозиты (лабрадориты) и габбро-анортозиты, нориты и габбро-нориты, габбро-монциты и монциты, отмечая преобладание анортозитовых пород [3; 6; 7]. При петрографических исследованиях горных пород большинство авторов ограничивается использованием поляризационного микроскопа [4]. В некоторых публикациях [1; 2; 4] присутствуют немногочисленные химические анализы горных пород и минералов, выполненные методами "мок-

рой" химии. Лишь в последнее время для изучения химизма породообразующих минералов стали массово использовать микрозондовый анализ [5].

Постановка проблемы. Несмотря на то, что иризирующие лабрадориты Городищенской каменоломни известны уже более столетия, петрографии ГМ, как, впрочем, и трем остальным габбро-анортозитовым массивам КНП, посвящено лишь небольшое число научных публикаций, большая часть которых опубликована в 50-70-х годах прошлого века. До сих пор точно не определены геологическое расчленение и корреляция интрузивных образований КНП, условия их формирования. Некоторые представители габброидов ГМ характеризуются недостаточно изученным минеральным составом. Кроме того, необходимо доизучение химизма породообразующих минералов городищенских габброидов.

Цель данной работы заключается в выяснении возможности использования минерало-петрографических особенностей главных породных представителей ГМ при решении задач геологического расчленения и корреляции интрузивных образований КНП, а также при определении условий их формирования.

Фактическим материалом для выполнения исследований послужила коллекция горных пород и петрографических препаратов, собранная на кафедре минералогии, геохимии и петрографии геологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко (КНУТШ) в 2008-2009 гг. и являющаяся составной частью проекта создания Геологического депозитария Украины (НДР №11 БФ 049-01). Всего изучено 16 образцов, 27 прозрачных и 8 прозрачно-полированных шлифов, представляющих горные породы, обнажающиеся в пределах 6 точек наблюдения (т.н.) в районе г. Городище (т.н. 311), сс. Хлыстуновка (т.н. 316, 317–1 и 317–2), Вороновка (т.н. 318) и Вязовок (т.н. 312).

Методы исследования. Использование прозрачно-полированных шлифов на эпоксидной смоле позволило проводить комплексное изучение структурно-текстурных особенностей и минерального состава горных пород методами оптической и электронной микроскопии, сопровождаемое микрозондовым анализом отдельных минералов. Для петрографических и минералогических исследований использован поляризационный микроскоп "Полам РП-1" с рудной приставкой. Количественный минеральный состав горных пород определялся на интеграционном столике Андина. Химический состав породообразующих минералов изучался методом электронно-зондового рентген-спектрального микроанализа на растровом электронном микроскопе "РЕММА-202", оснащенный энергодисперсионным рентгеновским спектрометром "Link systems". Все аналитические исследования выполнены в лаборатории геологического факультета КНУТШ.

Результаты и их анализ. Выполненные исследования позволили уточнить классификацию и номенклатуру горных пород ГМ, привести ее в соответствие с действующим "Петрографическим кодексом Украины" (ПКУ). Авторами установлено, что в составе ГМ широкой распространенностью пользуются следующие основные plutonические породы семейства габброидов: анортозит, норит и оливиновый норит. Кроме них, достаточно обычны средние plutonические породы субщелочного ряда из семейства монзонитов. Последние связаны с норитами переходными разностями, не имеющими определенного систематического положения в ПКУ. Далее, по аналогии с выделяемыми в семействе субщелочных габброидов калишпатовыми габбро, нориты ГМ с содержанием калиевого полевого шпата более 10% именуются "калишпатовые нориты". Ниже приведена петрографическая характеристика габброидов Городищенского массива.

Анортозиты наиболее распространены среди габброидов ГМ. Детально изучены образцы из небольшого бро-

шенного карьера (т.н. 316), расположенного на правом берегу р. Ольшанка у западной окраины с. Хлыстуновка. Анортозиты представляют собой темно-серую грубозернистую породу изредка иризирующую в синих тонах. Неотчетливая порфириовидная структура характеризуется присутствием таблитчатых мегакристов плагиоклаза размером 5-7 см неоднородно рассеянных в основной массе. Местами мегакристы обнаруживают неясную план-параллельную ориентацию в субгоризонтальной плоскости. Основная масса породы – лейкократовая, существенно-плагиоклазовая с крупнозернистой субофитовой структурой. Главным породообразующим минералом анортозитов является плагиоклаз, содержание которого, однако, в большинстве шлифов немного не дотягивает до граничной цифры 90%, принятой для этих пород. Плагиоклаз представлен призматическими идиоморфными зернами, размером 1-3 см, между которыми зажаты более мелкие зерна мафических минералов. Под микроскопом во многих индивидах плагиоклаза наблюдается зональное строение. Микрозондовым анализом установлено, что широкие лабрадоровые ядра (An52-59) окружены узкими оболочками андезинового (An33-41) состава. Обычными являются микроскопические включения ильменита и антитертитовые вроски калишпата, ориентированные согласно кристаллографическим направлениям в плагиоклазе. Из мафических минералов наиболее распространен ортопироксен гиперстенового состава (Wo4-10En40-47Fs47-56). Симплектитовая микроструктура с ориентированными вросками авгита в гиперстеновой матрице позволяют определить такой ортопироксен как инвертированный пироксен. Клинопироксен, кроме симплектитовых вросок в ортопироксене, также образует самостоятельные неправильные зерна. Их химический состав (Wo39-42En32-34Fs26-28) отвечает авгиту. Подобно ортопироксену, клинопироксен, также характеризуется симплектитовой микроструктурой, но с более тонким и более регулярным прорастанием авгитовой матрицы пластинчатыми вросками гиперстена. Оливин, как и все мафические минералы, образует ксеноморфные зерна в интерстициях плагиоклазов. Достаточно часто он окружен венцовыми оболочками ортопироксена или образует включения в нем, что свидетельствует о более ранней кристаллизации оливина. Микрозондовый анализ показал, что изученные оливины имеют достаточно железистый, как для анортозитов, состав (Fa68-73), отвечающий гортонолиту и феррогортонолиту. Как и для большинства типичных анортозитов анортозит-рапакивигранитной формации, для изученных образцов характерно присутствие переменных количеств K-Na полевого шпата, кварца, биотита и ильменита. K-Na полевой шпат (Or71-95Ab5-28) и кварц выполняют интерстиции плагиоклазов, причем первый, зачастую, обнаруживает коррозионные границы по отношению к плагиоклазу. Биотит же спорадически приурочен к границам плагиоклаза с пироксенами и, более часто – с ильменитом, т. е. имеет реакционную природу. Содержание ильменита составляет 2-3 %, что позволяет отнести его к второстепенным минералам. Обычными акцессорными минералами анортозитов являются апатит, циркон, пирротин, пирит и халькопирит. Впервые для габброидов КНП диагностированы бадделеит, монацит и торит. В некоторых шлифах присутствуют небольшие количества таких низкотемпературных постмагматических минералов как карбонат, хлорит, актинолит и иддингсит.

Нориты и калишпатовые нориты установлены в большом затопленном карьере (т.н. 317), расположенном в 100 м восточнее упомянутого выше анортозитового карьера с. Хлыстуновка. Это темные зеленовато-серые массивные породы со структурой изменяющейся от равномерно-среднезернистой в восточной и центральной частях карьера до порфириовидной – в западной. Вкрапленники плагиоклаза размером 2-3 см распределяются достаточно неоднородно. Местами их содержа-

ние достигает 20-30%, так что порода приобретает существенно-плаггиоклазовый состав. В то же время, основная масса породы содержит не более 60% плаггиоклаза, т. е. остается мезократовой. Под микроскопом нориты обнаруживают гипидиоморфнозернистую габбро-офитовую структуру с участками монзонитовой. Главные породообразующие минералы – плаггиоклаз и ортопироксен. Для порфировых вкрапленников плаггиоклаза характерна прямая зональность. Их ядра имеют лабрадорный состав (An51-60), сходный с составом плаггиоклазов из вышеописанных анортозитов. Внешние оболочки вкрапленников, имеют андезиновый состав (An34-48). В основной массе норитов состав плаггиоклаза также андезиновый (An34-40). Еще менее основные плаггиоклазы характерны для калишпатовых норитов (An29-42). Ортопироксен в норитах, как и в анортозитах, представляет собой инвертированный пикролит, на что указывают характерные симплектитовые микроструктуры прорастания гиперстеновой матрицы пластинчатыми вросками авгита. Однако, состав гиперстена (Wo3-7En38-41Fs54-58) несколько более железистый чем в анортозитах. Максимальной железистостью (Wo1-10En30-43Fs51-68) характеризуются ортопироксены в калишпатовых норитах. Индивидуализированные зерна клинопироксена в норитах Хлыстуновки встречаются спорадически. Вариации их химического состава согласуются с установленными для ортопироксена. Для норитов характерны авгиты (Wo37-40En29-33Fs29-32), более железистые нежели в анортозитах. Наиболее железистые клинопироксены (Wo37-41En25-30Fs31-36) зафиксированы в калишпатовых норитах.

K-Na полевой шпат – достаточно обычный второстепенный минерал изучаемых норитов. В калишпатовых норитах его содержание превышает 10%. Химический состав K-Na полевых шпатов обнаруживает тенденцию к увеличению содержания альбитового минала при переходе от калишпатового норита (Or85-97Ab3-13) к нориту (Or82-93Ab7-15) и далее к анортозиту. Для отдельных зерен K-Na полевых шпатов установлены повышенные концентрации BaO (~1-2%). Калишпатовый норит отличается от норита наличием кварца (более 5%) и роговой обманки. Второстепенные минералы обоих пород представлены ильменитом, апатитом и биотитом. Акцессорными минералами норита являются пирротин, пирит, халькопирит, сфалерит, циркон и бадделейт. Калишпатовый норит, кроме выше перечисленных акцессорных минералов норита, вмещает также кобальтит, ортит и торит. Кроме того, он характеризуется наличием вторичных изменений, которые представлены образованием актинолита, куммингтонита, иддингсита, карбоната и лейкоксена.

Оливиновые нориты обнаружены в затопленном карьере (т.н. 318) на восточной окраине с. Вороновка. Они обнажаются в северной части карьера. Южная часть сложена анортозитами. Контактные взаимоотношения анортозитов с оливиновыми норитами не установлены. Макроскопически оливиновые нориты представлены зеленоватой-серой среднезернистой породой с немногочисленными вкрапленниками плаггиоклаза размером 3-4 см. Под микроскопом они обнаруживают гипидиоморфнозернистую габбро-офитовую структуру с участками венцовой. Главные породообразующие минералы представлены плаггиоклазом, ортопироксеном и оливином. Количество плаггиоклаза достигает 50-55%. Микроскопическим анализом установлен его андезиновый состав (An37-47). Обычными являются антипертитовые вроски калишпата неправильной формы. Менее распространенным является ортопироксен гиперстенового состава (Wo4-8En36-39Fs56-59), который образует самостоятельные зерна неправильной формы. В отличие от анортозитов и норитов, в оливиновом норите не встречаются индивидуализиро-

ванные зерна клинопироксена. Хотя в некоторых зернах ортопироксена все же наблюдается симплектитовая микроструктура с ориентированными вросками клинопироксена (размером до 3 мкм). Количество оливины в породе колеблется от 5 до 7%. Он окружен венцовыми оболочками ортопироксена или образует включения в нем. Микроскопический анализ показал, что изученные оливины имеют состав феррогортонолита (Fa79-81), более железистого нежели в анортозитах. Как и для всех изученных пород, для оливинового норита характерно присутствие переменного количества K-Na полевой шпата (Or80-92Ab8-18), который выполняет интерстиции плаггиоклазов и проявляет коррозионные границы по отношению к ним. В незначительных количествах, также, присутствует биотит. Второстепенными минералами являются ильменит и апатит. Среди акцессорных минералов диагностированы пирротин, циркон, бадделейт, пирит, сфалерит. Вторичные изменения проявлены незначительно и спорадически. Так, некоторые зерна оливины замещаются иддингситом. К вторичным, также, относятся амфибол, хлорит и анкерит.

Выводы и научная новизна. Выполненные исследования в значительной мере дополняют материалы предшественников об особенностях минерального состава габброидов КНП, в частности – данные о характерных ассоциациях акцессорных минералов. Впервые в габброидах КНП диагностированы такие акцессорные минералы как: бадделейт, ортит, монацит и торит. Кроме того, установлено, что главные породообразующие минералы исследуемых габброидов (полевые шпаты, пироксены и оливин) характеризуются значительной изменчивостью химического состава. Эта изменчивость связана с: 1) петрографическим типом горной породы, который определяется ее минеральным составом; 2) зональностью отдельных минеральных зерен; 3) микроструктурами распада твердых растворов. В дальнейшем, выявленные особенности минерального состава габброидов ГМ и вариации химизма породообразующих минералов можно использовать при решении задач геологического расчленения и корреляции интрузивных образований Корсунь-Новомиргородского плутона, а также при выяснении их петрогенезиса.

Перечень использованных источников

- Богатиков О.А., (1979). Анортозиты. – М.: Наука, 231 с.
Bogatikov O.A., (1979). The anorthosites. – Moscow: The science, 231 p. (In Russian).
- Великославинский Д.А., Биркис А.П., Богатиков О.А. и др., (1978). Анортозит-рапакиви-гранитная формация. – Л.: Наука, 295 с.
Velikoslavinskiy D.A., Birkis A.P., Bogatikov O.A. et al., (1978). The anorthosite-rapakivi-granite formation. – Leningrad: The science, 295 p. (In Russian).
- Есипчук К.Е., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др., (1990). Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. – К.: Наукова думка, 236 с.
Esiptchuk K.E., Sheremet E.M., Zinchenko O.V. et al., (1990). The petrology, geochemistry and ore of intrusive granitoids of Ukrainian shield. – Kyiv: The scientific thought, 236 p. (In Russian).
- Кононов Ю.В., (1966). Габрові масиви Українського щита. – К.: Наукова думка, 99 с.
Kononov Yu.V., (1966). The gabbro massives of Ukrainian shield. – Kyiv: The scientific thought, 99 p. (In Ukrainian).
- Кривдик С.Г., Гуравський Т.В., Дубина О.В. та ін., (2009). Особливості речовинного складу Носачівського апатит-ильменітового родовища (Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит). Мінералогічний журнал, 3 (In Ukrainian).
- Krydyk S.G., Guravskyy T.V., Dubyna O.V. et al., (2009). The features of the mineralogical composition of Nosachivsk apatite-ilmenite deposit (Korsun-Novomyrhorod pluton, Ukrainian shield). The mineralogical journal, 3.
- Митрохин О.В., (2008). Петрографічний склад комплексів анортозит-рапакивігранітної формації. Вісник Київського університету. Геологія, 45, 62-66.
- Mitrokhin A.V., (2008). Petrographical composition of anorthosite-rapakivi-granite complexes. Visnyk Kyivskogo universytetu. Geologiya, 45, 62-66 (In Ukrainian).
- Тарасенко В.С., Коломиец Г.Д., Бойко Д.Д., (1986). Петрология и рудоносность анортозитов Корсунь-Новомиргородского плутона. Геологический журнал, 46, 1, 62-69.
- Tarasenko V.S., Kolomiets G.D., Boyko D.D., (1986). The petrology and ore of anorthosites of Korsun-Novomyrhorod pluton. The geological journal, 46, 1, 62-69 (In Russian).

O. Kirienko, E-mail: L.Kirienko@rambler.ua
O. Mitrokhin, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,
E-mail: Mitrokhin.a.v@yandex.ua, Tel.: +38(044)521-33-38
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC PROPERTIES OF THE HORODYSHCHENSKY MASSIF GABBROS (KORSUN-NOVOMYRHORODSKY PLUTON OF THE UKRAINIAN SHIELD)

This research was aimed at compiling data on the mineralogical-petrographic features of the major rocks which are typical of the Horodyshchensky massif to solve the problems of geological differentiation and correlation between the intrusive formations of Korsun-Novomyrhorodsky pluton and to determine the conditions of their formation. Use has been made of mineralogical-petrographic, geochemical and general scientific methods. Previous research results in the field have been amplified with new data on the mineral composition of the Korsun-Novomyrhorodsky pluton gabbroids. In addition, we were the first to identify a number of accessory minerals in the rocks under study: baddeleyite, orthite, monazite, and thorite. The research results showed that the major rock-forming minerals in the studied gabbroids differ in their chemical composition, depending on the petrographic type of rock, zoning of mineral grains, and exsolved microtextures. The obtained data on the mineral composition of the Horodyshchensky massif gabbroids and the variations in the chemistry of rock-forming minerals can be very helpful for studying the geological differentiation and correlation between the intrusive formations of Korsun-Novomyrhorodsky pluton as well as clarifying their petrogenesis.

Keywords: anorthosites, norites, feldspar norites, olivine norites, gabbro-anorthosite massifs, Korsun-Novomyrhorodsky pluton, Ukrainian shield.

O. Кірієнко, E-mail: L.Kirienko@rambler.ua
О. Митрохин, д-р геол. наук, проф.,
E-mail: Mitrokhin.a.v@yandex.ua, Тел.: +38(044) 521-33-38
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

МІНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГАБРОЇДІВ ГОРОДИЩЕНСЬКОГО МАСИВУ (КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСЬКИЙ ПЛУТОН УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

Робота, якій присвячена дана стаття, полягала у з'ясуванні можливості використання мінералоого-петрографічних особливостей головних породних представників Городищенського масиву при вирішенні завдань геологічного розчленування та кореляції інтрузивних утворень Корсунь-Новомиргородського плутону, а також, при визначенні умов їх формування. При цьому використовувалися мінералоого-петрографічні, геохімічні та загальнонаукові методи. У результаті, виконані дослідження доповнили матеріали попередників про мінеральний склад габроїдів Корсунь-Новомиргородського плутону. Крім того, вперше у досліджуваних породах діагностовані такі акцесорні мінерали як бадделейт, ортит, монацит і торит. Визначено, що головні породоутворюючі мінерали досліджуваних габроїдів характеризуються значною мінливістю хімічного складу, яка пов'язана з петрографічним типом гірської породи, зональністю окремих мінеральних зерен та мікросруктурами розпаду твердих розчинів. Виявлені особливості мінерального складу габроїдів Городищенського масиву і варіації хімізму породоутворюючих мінералів рекомендується використовувати при вирішенні завдань геологічного розчленування та кореляції інтрузивних утворень Корсунь-Новомиргородського плутону, а також при з'ясуванні їх петрогенезису.

Ключові слова: анортозити, норити, калішпатові норити, олівінові норити, габро-анортозитові масиви, Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит.

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.83:552.1:537

С. Вижва, д-р геол. наук, проф., проректор, E-mail: vsa@univ.kiev.ua
В. Михайлов, д-р геол. наук, проф., декан, E-mail: vladvam@gmail.com
Д. Онищук, асп., E-mail: boenerges@ukr.net
І. Онищук, канд. геол. наук, зав. НДЛ., E-mail: oivan1@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ІМПАКТНИХ СТРУКТУР

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

Нині достовірно відомо п'ять родовищ вуглеводнів пов'язаних з імпактними структурами і 10 потенційно нафтогазових кратерів. Метою проведених досліджень є оцінка петрофізичних параметрів порід-колекторів нетрадиційних джерел вуглеводнів – перспективних ділянок імпактних структур Українського щита. Розглядаються особливості методики та результати петрофізичних досліджень при вивченні складнобудованих колекторів. Комплекс лабораторних досліджень включає визначення: густини порід (сухих та насичених газом); відкритої пористості (методами насичення азотом та газом); коефіцієнта залишкового нафтонасичення; проникності (методом стаціонарної фільтрації азоту); інтервального часу та швидкості повздовжніх і поперечних пружних хвиль, питомого електричного опору і діелектричної проникності. Лабораторні електрометричні дослідження сухих зразків керну виконані при температурі 20°C за допомогою розробленого лабораторного електрометричного комплексу на базі цифрового тераомметра С.А.6547 та прецизійного цифрового RLC-метр МНС-1100, що дозволяє виконувати високоточні вимірювання електричного опору та ємності в широкому діапазоні частот з цифровим записом на ЕОМ за спеціальною програмою. Лабораторні електрометричні вимірювання виконувались на стандартизованих зразках гірських порід циліндричної форми діаметром 30 мм і висотою 30 мм. Вибір розмірів і форми лабораторних зразків зумовлений тим, що більшість лабораторних установок для визначення петрофізичних параметрів порід розрахована на такі стандартизовані зразки.

Наведені результати визначення петрофізичних параметрів та їх зв'язок з ємнісними властивостями порід із перспективних на вуглеводні інтервалів свердловин імпактних структур. За даними петрографічних досліджень зразків керну імпактних структур визначено, що за складом вони відносяться до імпактитів, зювітів, брекчій та змінених гнейсів. Зустрачаються включення глинистого матеріалу, сидериту, вулканізації та піритизація. За результатами лабораторних вимірювань встановлено, що спостерігаються значні варіації питомого опору досліджених порід. Аналіз отриманих даних показує, що відносна діелектрична проникність змінюється від 5,7 до 78,5. Низькими значеннями діелектричної проникності (<10) характеризуються деякі різновиди зювітів та імпактитів Болтиської западини, брекчії та гнейсів Оболонської структури. Побудовані кореляційні залежності між коефіцієнтами пористості, залишкового нафтонасичення і десятиковим логарифмом діелектричної проникності. Вперше визначені петроелектричні параметри та встановлені їх кореляційні залежності з ємнісними властивостями порід імпактних структур України.

Ключові слова: імпактити, зювіти, колектори, коефіцієнт пористості, коефіцієнт проникності, питомий електричний опір, діелектрична проникність.

Вступ. З метою пошуку нетрадиційних джерел вуглеводнів, у тому числі пов'язаних з імпактними структурами

і накладеними западинами Українського щита (УЩ) [8, 9] на території України виконується ряд досліджень. З та-

кими структурами пов'язана ціла низка родовищ вуглеводнів у США та Канаді. Під час виникнення ударних структур формуються розуцільнені зони підвищеної тріщинуватості, які можуть акумулювати поклади вуглеводнів навіть у кристалічних породах, зокрема, гранітоїдах і метаморфічних породах [7]. Саме цим обумовлена їхня потенційна нафтогазоносність. Нині відомо п'ять родовищ вуглеводнів, пов'язаних безпосередньо з астроблемами: В'юфілд, Ред-Уїнг і Ньюпорт в Уїллістоунському басейні (провінція Саскачеван у Канаді та штат Північна Дакота в США), Ігл-Б'ютт – у Західно-Канадському басейні та Лайс-Ранч – у басейні Мексиканської затоки. Крім цього, передбачається, що поклади вуглеводнів пов'язані з процесами кратероутворення таких структур: Кельвін в Мічігані; Еймс в Оклахомі; Авак на Алясці; Маркез і Сьєрра-Мадре в Техасі (США); Стин-Рівер (Канада), Чиксулуб (Мексика). У світі відомо 10 потенційно нафтогазоносних кратерів. Є такі структури і в Україні, їхній високий вуглеводневий потенціал відзначається в низці робіт. На території УЩ виявлено 7 імпактних структур (Болтиська, Західна, Зеленогайська, Іллінецька, Оболонська, Ротмістровська та Тернівська).

Метою проведених досліджень є оцінка петрофізичних параметрів порід-колекторів нетрадиційних джерел вуглеводнів – перспективних ділянок імпактних структур, що раніше не вивчалися.

Питомий електричний опір та діелектрична проникність є одними із найбільш інформативних параметрів при визначенні петрофізичних властивостей гірських порід. Ці параметри контролюються: речовинним складом та текстурою породи; структурою ємнісного простору; її нафто-, газо- та водонасиченістю; коефіцієнтом пористості; мінералізацією пластових вод; температурою та тиском [1–6, 11].

У статті наведено результати комплексних досліджень петроелектричних властивостей 36 зразків керну свердловин Болтиської (інтервал 581-597 м), Оболонської (інтервал 770-1009) та Іллінецької (відслонення 1) імпактних структур. Породи з досліджених інтервалів свердловин та відслонення представлені переважно імпактитами, зовітами та гнейсами.

Експериментальні дослідження. Комплекс лабораторних досліджень включав визначення: густини порід (сухих та насичених газом); відкритої пористості (методами насичення азотом та газом); коефіцієнта залишкового нафтонасичення; проникності (методом стаціонарної фільтрації азоту); інтервального часу та швидкості повздовжніх і поперечних пружних хвиль), питомого електричного опору і діелектричної проникності.

Лабораторні електрометричні вимірювання сухих зразків керну виконані при температурі 20°C за допомогою розробленого лабораторного електрометричного комплексу на базі цифрового тераомметра С.А.6547 та прецизійного цифрового RLC-метр МНС-1100, які дозволяють виконувати високоточні вимірювання електричного опору та ємності в широкому діапазоні частот з цифровим записом на ЕОМ за спеціальною програмою. Лабораторні електрометричні вимірювання виконувались на стандартизованих зразках гірських порід циліндричної форми діаметром 30 мм і висотою 30 мм. Вибір розмірів і форми лабораторних зразків зумовлений тим, що більшість лабораторних установок для визначення петрофізичних параметрів порід розрахована на такі стандартизовані зразки.

Перед початком вимірювань зразок вставлявся у спеціальний кернотримач і затискався між контактними пластинами із срібла для забезпечення надійних контактів. Кернотримач дозволяє створити стандартизовані умови вимірювань електрометричних параметрів [1–3].

Питомий електричний опір ρ визначався за допомогою уточненої формули, що враховує вплив перехідного опору "електрод-зразок" на результати вимірювань і має

$$\text{вигляд: } \rho = \frac{\pi R d^2}{\pi d + 4l}, \text{ де } l \text{ і } d - \text{відповідно, довжина і діаметр}$$

циліндричного зразка, в м; R – електричний опір системи "опір зразка + перехідний опір електродів", в Ом.

Відносна діелектрична проникність ϵ на частоті 1 кГц розраховувалась з використанням вимірюваної на цій частоті ємності зразків при допомозі прецизійного цифрового RLC-метра МНС-1100 за допомогою емпіричної формули: $\epsilon = 2,62 \frac{C_n}{C_{em}}$, де C_n – електрична ємність зразка породи; C_{em} – електрична ємність еталона висотою,

що відповідає висоті зразка породи й вираховується шляхом застосування еталонувальної залежності; 2,62 – діелектрична проникність еталону. Такий підхід дозволив привести умови електрометричних вимірювань, стосовно діелектричної проникності, еталона та рядового зразка до ідентичності, що дало можливість використовувати спрощену формулу розрахунку.

Кореляційні залежності між ємнісно-фільтраційними параметрами порід-колекторів та даними свердловинних і польових геофізичних методів, зважаючи на їх складність, вимагають досить ретельного вивчення за допомогою комплексу лабораторних петрофізичних досліджень. З метою встановлення залежності петроелектричних параметрів від ступеню нафтонасичення порід в процесі експериментальних лабораторних досліджень виконувалась серія електрометричних вимірювань, що дозволило побудувати кореляційні залежності між коефіцієнтом нафтонасичення (k_n), коефіцієнтом залишкового нафтонасичення (k_{nz}) і десятиковим логарифмом діелектричної проникності ($\lg \epsilon$).

Аналіз даних. Основним параметром геоелектричних методів є питомий електричний опір – властивість речовини протидіяти проходженню електричного струму. Питомий електричний опір залежить від речовинного складу породи, температури і тиску, при яких вимірюється ця величина [4–6, 10]. Він визначається як при польових, так і при лабораторних дослідженнях і являє собою важливу характеристику породи. Як вже зазначалося, на величину даного параметра гірської породи впливає ціла низка факторів, що зумовлює зміну питомого опору в широких межах.

За результатами лабораторних вимірювань встановлено, що спостерігаються значні варіації питомого опору досліджених порід (табл. 1). Питомий електричний опір сухих екстрагованих зразків (питомий електричний опір мінерального скелету) Болтиської западини змінюється від 217820 Ом·м до 3918640 Ом·м при середньому значенні 1209280 Ом·м. При цьому електричний опір зразків насичених газом змінюється від 898860 Ом·м до 5742200 Ом·м при середньому значенні 3451470 Ом·м.

Питомий електричний опір мінерального скелету зразків досліджених порід Оболонської імпактної структури змінюється від 19870 Ом·м до 1007230 Ом·м при середньому значенні 326450 Ом·м. При цьому електричний опір зразків насичених газом змінюється від 33250 Ом·м до 4466770 Ом·м при середньому значенні 1299500 Ом·м.

Електричний опір мінерального скелету зразків імпактитів Іллінецької структури змінюється від 332750 Ом·м до 8309350 Ом·м при середньому значенні 2427030 Ом·м. При насиченні газом електричний опір зразків змінюється від 805230 Ом·м до 37984120 Ом·м при середньому значенні 12027850 Ом·м.

Відносно низькими питомими електричними опорами мінерального скелету (<500000 Ом·м) характеризуються, в основному, деякі різновиди імпаکتитів Болтиської западини та Іллінецької структури, брекчій та гнейсів Оболонської структури. Понижений електричний опір цих порід викликаний підвищеним вмістом глинистої компоненти, частково вуглефікацією та піритизацією.

Високі і підвищені питомі електричні опори мінерального скелету (>3000000 Ом·м) досліджених порід відмічені у деякі різновиди зювітів Болтиської западини та імпаکتитів Іллінецької структури.

Аналіз результатів лабораторних електрометричних досліджень питомого електричного опору порід, насичених газом, дозволив встановити, що цей параметр змінюється від 33250 Ом·м (гнейс, Оболонської структури) до 37984120 Ом·м (імпаکتит Іллінецької структури) при середньому значенні 5181120 Ом·м (табл. 1). Слід відмітити, що електричний опір при насиченні порід газом зростає в декілька разів (у середньому в 4,5 рази).

Середня відносна похибка визначень питомого електричного опору не перевищувала 3%. У результаті лабораторних електрометричних досліджень визначено відносну діелектричну проникність та її зміни для різних типів порід досліджених ділянок. Аналіз отриманих даних показує, що вона змінюється для сухих екстрагованих зразків від 5,4

(зювіт Болтиської западини) до 38,5 (гнейс, Оболонської структури) при середньому значенні 17,7.

Низькими значеннями діелектричної проникності (<10) характеризуються деякі різновиди зювітів та імпаکتитів Болтиської западини, брекчії та гнейсів Оболонської структури. Підвищеними значеннями діелектричної проникності (>30) характеризуються деякі різновиди брекчії та гнейсів Оболонської структури. Встановлено, що діелектрична проникність, при насиченні порід газом, зменшується приблизно в два рази.

Аналіз матеріалів лабораторних досліджень дозволив побудувати кореляційну залежність (рис. 1) між коефіцієнтом пористості (k_n) і десятиковим логарифмом діелектричної проникності ($\lg \epsilon$).

При цьому використані дані по всіх вищезначених ділянках. Слід відзначити, що дані по різних свердловинах досить добре узгоджуються і є можливість використовувати єдину залежність для досліджених порід. Загальне кореляційне рівняння для дослідженої колекції зразків порід має вигляд:

$$\lg \epsilon = 8,802 \cdot k_n^2 - 6,74 \cdot k_n + 2,026, \text{ при } R^2 = 0,87.$$

Шляхом експериментальних лабораторних досліджень встановлено залежність діелектричної проникності від коефіцієнта залишкової нафтонасичення (рис. 2).

Таблиця 1

Межі змін електромагнітних параметрів порід імпактних структур

№ з/п	Імпактна структура	Породи	Значення параметра	Питомий електричний опір, Ом·м		Діелектрична проникність	
				сухі	насич. газом	сухі	насич. газом
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Болтиська	зювіт	min	257825	993226	5,4	3,9
2	Болтиська	зювіт	max	3918641	4057810	11,7	6,1
3	Болтиська	зювіт	avg	1374088	2581976	8,2	5,3
4	Болтиська	імпактит	min	217821	898863	5,5	3,5
5	Болтиська	імпактит	max	2287844	5742205	29,0	24,3
6	Болтиська	імпактит	avg	1068020	4072544	9,7	7,7
7	Оболонська	брекчія	min	24762	43493	7,3	6,2
8	Оболонська	брекчія	max	1007226	4466767	50,0	16,8
9	Оболонська	брекчія	avg	421302	1527254	25,4	12,6
10	Оболонська	гнейс	min	19872	33249	7,2	5,2
11	Оболонська	гнейс	max	632896	3725338	78,5	52,8
12	Оболонська	гнейс	avg	269532	1128691	35,6	28,8
13	Іллінецька	імпактит	min	332754	805236		
14	Іллінецька	імпактит	max	8309351	37984120		
15	Іллінецька	імпактит	avg	2427028	12027845		

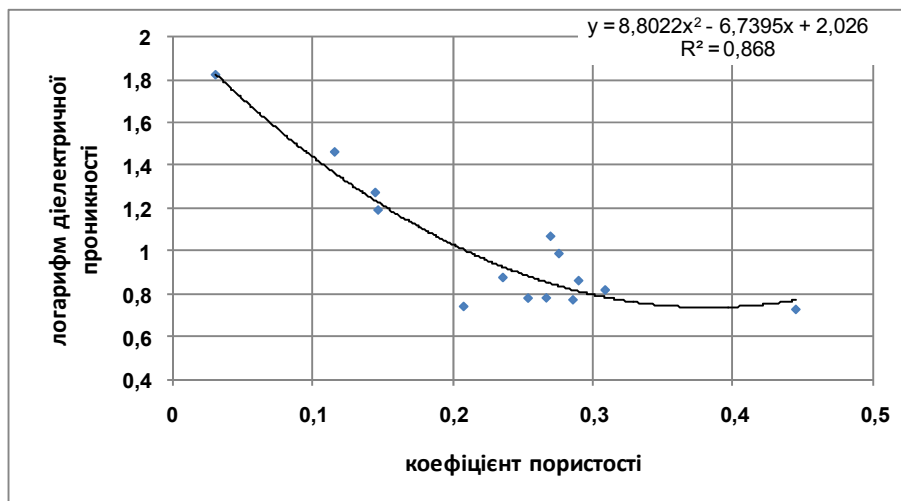


Рис. 1. Кореляційна залежність між коефіцієнтом пористості (k_n) та десятиковим логарифмом діелектричної проникності ($\lg \epsilon$)

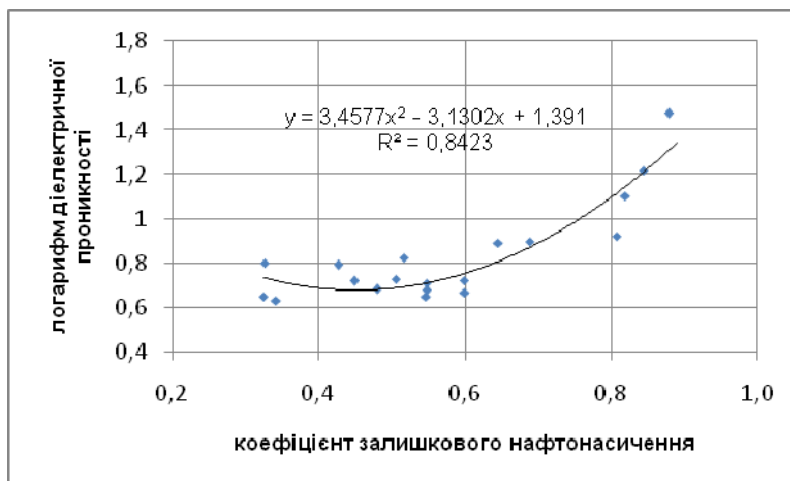


Рис. 2. Кореляційна залежність між коефіцієнтом залишкового нафтонасичення ($k_{из}$) та десятиковим логарифмом діелектричної проникності ($lg \epsilon$)

Насиченість гасом (нафтонасичення) порід змінювалась шляхом центрифугування за допомогою центрифуги ОС-6М. При цьому виконувалась серія електрометричних вимірювань. У результаті цих досліджень побудована спільна кореляційна залежність (рис. 2) між залишковою нафтонасиченістю ($k_{из}$) і логарифмом діелектричної проникності ($lg \epsilon$) для зювітів Болтиської западини та імпактітів Болтиської западини і Оболонської структури. Кореляційне рівняння для дослідженої колекції зразків порід має вигляд:

$$lg \epsilon = 3,458 \cdot k_{из}^2 - 3,13 \cdot k_{из} + 1,391, \text{ при } R^2=0,84.$$

Наведені вище кореляційні залежності визначені для свердловин, які були представлені зразками придатними для центрифугування.

Висновки. За даними петрографічних досліджень зразків керну імпактітних структур визначено, що за складом вони відносяться до імпактітів, зювітів, брекчій та змінених гнейсів. Зустрічаються включення глинистого матеріалу, сидериту, вуглефікація та піритизація. Слід відмітити підвищену крихкість зразків досліджених порід, що дещо обмежувало можливості петрофізичних досліджень (неможливість насичення моделлю пластової води), але це сприяє застосуванню технології гідро-розриву (у випадку розробки подібних порід).

Спостерігаються значні варіації питомого електричного опору досліджених порід. Відносно низькими електричними опорами мінерального скелету (<500000 Ом·м) характеризуються, в основному, деякі різновиди імпактітів Болтиської западини та Іллінецької структури, брекчій та гнейсів Оболонської структури. Понижений електричний опір цих порід викликаний підвищеним вмістом глинистої компоненти, частково вуглефікацією та піритизацією. Високі і підвищені електричні опори мінерального скелету (>3000000 Ом·м) відмічені у деякі різновидів зювітів Болтиської западини та імпактітів Іллінецької структури. Слід відмітити, що питомий електричний опір мінерального скелету досліджених порід, в цілому, має підвищені значення, що пояснюється неоднорідностями у текстурі порід.

Аналіз отриманих даних показує, що відносна діелектрична проникність змінюється для сухих екстрагованих зразків від 5,4 (зювіт Болтиської западини) до 78,5 (гнейс, Оболонської структури) при середньому значенні 17,7. Низькими значеннями діелектричної проникності (<10) характеризуються деякі різновиди зювітів та імпактітів Болтиської западини, брекчії та гнейсів Оболонської структури. Підвищеними значеннями діелектричної проникності (>40) характеризуються брекчії та

гнейси Оболонської структури. Встановлено, що діелектрична проникність, при насиченні порід гасом, зменшується приблизно в два рази. Побудовані кореляційні залежності між коефіцієнтами пористості, залишкового нафтонасичення і десятиковим логарифмом діелектричної проникності.

Петроелектричні дослідження займають важливе місце у геологорозвідувальному комплексі і широко застосовуються при вивченні фізичних властивостей гірських порід з метою встановлення їх складу, структури і стану; при вирішенні різноманітних завдань пошуків та розвідки родовищ корисних копалин, особливо у нафтогазовій геології.

Список використаних джерел

1. Вижва С.А., Рева М.В., Гожик А.П., Онищук В.І., Онищук І.І., (2008). Петроелектричні дослідження керну свердловини Чорноморського шельфу. Вісник Київського університету. Геологія, 44, 4-8.
2. Вижва С., Рева Н., Гожик А., Онищук В., Онищук І., (2008). Petroelectrical investigations of borehole core of Black Sea shelf [Петроелектричні дослідження керну свердловини Чорноморського шельфу]. Visnyk Kyivskogo universytetu. Geologiya – Herald of Kyiv University. Geology, 44, 4-8 (In Ukrainian).
3. Вижва С.А., Рева М.В., Гожик А.П., Онищук В.І., Онищук І.І., (2010). Петроелектричні дослідження керну складнобудованих порід-колекторів. Вісник Київського університету. Геологія, 50, 4-7.
4. Вижва С., Рева Н., Гожик А., Онищук В., Онищук І., (2010). Petroelectrical investigations of borehole core of complexly-build reservoir rocks [Петроелектричні дослідження керну складнобудованих порід-колекторів]. Visnyk Kyivskogo universytetu. Geologiya – Herald of Kyiv University. Geology, 50, 4-7 (In Ukrainian).
5. Вижва С.А., Онищук Д.І., Онищук В.І., (2012). Петроелектрична модель порід-колекторів Західно-Шебелинського газоконденсатного родовища. Вісник Київського університету. Геологія, 57, 13-16.
6. Вижва С., Онищук Д., Онищук В., (2012). Petroelectrical investigations of reservoir rocks of Western-Shebelynske gas condensate field [Петроелектрична модель порід-колекторів Західно-Шебелинського газоконденсатного родовища]. Visnyk Kyivskogo universytetu. Geologiya – Herald of Kyiv University. Geology, 57, 13-16 (In Ukrainian).
7. Дахнов В.Н., (1975). Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазоносности пород. Москва: Недра, 343 с.
8. Дахнов В., (1975). Geophysical methods of assessment of reservoir characteristics and hydrocarbon saturation of rocks [Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазоносности пород]. Moscow: Nedra – Subsurface, 343 p. (In Russian).
9. Дортман Н.Б., (1992). Петрофизика: Справочник. ч.1. Москва: Недра, 391 с.
10. Дортман Н., (1992). Petrophysics. Handbook. part 1 [Петрофизика. Справочник ч.1]. Moscow: Nedra – Subsurface, 391 p. (In Russian).
11. Дортман Н.Б., (1992). Петрофизика: Справочник. ч.2. Москва: Недра, 304 с.
12. Дортман Н., (1992). Petrophysics. Handbook. part 2 [Петрофизика. Справочник ч.2]. Moscow: Nedra – Subsurface, 304 p. (In Russian).
13. Кучерук Е.В., (1989). Астрообъекты – новый перспективный объект для поисков нефти и газа. Геология нефти и газа, 11, 57.
14. Кучерук Е., (1989). The astrobodies – new promising objects for oil and gas exploration [Астрообъекты – новый перспективный объект для поисков нефти и газа]. Geologia nefiti i gaza – Oil and gas geology, 11, 57 (In Russian).

8. Михайлов В.А., Загнітко В.М., Михайлова Л.С., (2011). Перспективи газонасності сланцевих відкладів Болтиської западини. 36. наук. пр. ін-ту Тутковського, 23-29.

Mykhailov V., Zagnitko V., Mykhailova L., (2011). Prospect of gas-bearing shale deposits of the Boltyshka depression [Perspektivy gazonosnosti slantsevykh vidkladiv Boltys'koi zapadyny]. Zb. nauk. pr. inst. Tutkovskoho – Sc. works collect of Tutkovsky Institute, 23-29 (In Ukrainian).

9. Михайлов В.А., Чепіль П.М., (2012). Перспективи нафтогазонасності імпактних структур Українського щита. Геолог України, 1–2, 72-82.

Mykhailov V., Chepil P., (2012). Prospect of oil-and-gas of impact structures of Ukrainian Shield [Perspektyvy naftogazonosnosti impaktykh

struktur Ukrainskoho schyta]. Geolog Ukrainy – Geologist of Ukraine, 1-2, 72-82 (In Ukrainian).

10. Пархоменко Э.И., (1965). Электрические свойства горных пород. Москва: Наука, 164 с.

Parkhomenko E., (1965). Electrical properties of rocks [Elektricheskie svoystva gornyykh porod]. Moscow: Nauka – Science, 164 p. (In Russian).

11. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник геофизика, (1984). – Москва: Недра, 455 с.

Physical properties of rocks and minerals. Geophysist reference book [Fizicheskie svoystva gornyykh porod i poleznykh iskopaemykh. Spravochnik geophysika], (1984). Moscow: Nedra – Subsurface, 455 p. (In Russian).

Надійшла до редколегії 20.06.14

S. Vyzhva, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Prorector, E-mail: vsa@univ.kiev.ua

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Dean, E-mail: vladvam@gmail.com

D. Onyshchuk, Postgraduate Student, E-mail: boenerges@ukr.net

I. Onyshchuk, Cand. Sci. (Geol.), Head of the Research Lab., E-mail: oivan1@ukr.net

Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv

90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

RESERVOIR ROCKS IN IMPACT STRUCTURES: ELECTRICAL PARAMETERS

There are 5 proven hydrocarbon sites associated with impact structures and 10 potential oil-and-gas bearing craters. The objective of the research is to estimate the petrophysical parameters of the reservoir rocks containing unconventional hydrocarbons – the prospective impact sites of the Ukrainian Shield.

An account is given of the technique used and the results of petrophysical research on complex terrigenous reservoirs. A set of experimental laboratory studies included identifying the following: density of the studied rocks (dry and saturated with mineral oil), open porosity (by nitrogen and mineral oil saturation methods), residual water saturation factor (by centrifugation), permeability (method of stationary filtration of nitrogen), interval time and P-wave and S-wave velocities, resistivity and dielectric permittivity.

Laboratory electrometric measurements of dry core samples were performed at a temperature of 20°C using a laboratory electrometric set developed on the basis of a digital teraohmmeter SA 6547 and RCL-meter MHC-1100 ensuring high-precision measurement of electrical resistance and capacity in the high frequency range using digital PC recording and special software. Laboratory electrometric measurements were performed on cylindrical rock samples (30 mm in diameter and 30 mm in height), these being a standard size and shape of the laboratory samples tested on the laboratory equipment for estimating the petrophysical parameters of rocks.

The research results showed a correlation between the petrophysical parameters and rock capacity from the well intervals of impact structures having hydrocarbon prospects. The petrographic analysis of core samples showed that among the impact structures there dominate impactites, suevites, breccias and reworked gneisses.

There have also been found inclusions of clay material, siderite, anthracolithization and pyritization. In addition, significant variations are observed in the resistivity values of the samples. Relative dielectric permittivity varies from 5.7 to 78.5. Low values of relative dielectric permittivity (<10) are typical of some types of suevites and impactites from the Boltyshka basin and breccias and gneisses from the Obolonska structure. Relative dielectric permittivity (>40) maxima are found in breccias and gneisses from the Obolonska structure. We have shown the correlation dependences between the porosity factor, the residual water factor and the decimal logarithm of dielectric permittivity. This research was the first attempt to estimate the petroelectrical parameters and their correlation with the capacitive properties of rocks from the Ukrainian impact structures.

Key words: impactites, suevites, reservoirs, porosity factor, permeability index, resistivity, dielectric permittivity.

С. Выхва, д-р геол. наук, проф., проректор, vsa@univ.kiev.ua

В. Михайлов, д-р. геол. наук, проф., декан, vladvam@gmail.com

Д. Онищук, асп., boenerges@ukr.net

И. Онищук, канд. геол. наук, зав. НИЛ, oivan1@ukr.net

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ИМПАКТНЫХ СТРУКТУР

Достоверно известно пять месторождений углеводородов связанных с импактными структурами и 10 потенциально нефтегазоносных кратеров. Целью проведенных исследований является оценка петрофизических параметров пород-коллекторов нетрадиционных источников углеводородов – перспективных участков импактных структур Украинского щита.

Рассматриваются особенности методики и результаты петрофизических исследований при изучении сложнопостроенных коллекторов. Комплекс лабораторных исследований включал определение: плотности пород (сухих и насыщенных керосином); открытой пористости (методами насыщения азотом и керосином); коэффициента остаточного нафтонасыщения; проницаемости (методом стационарной фильтрации азота); интервального времени и скорости продольных и поперечных упругих волн, удельного электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости.

Лабораторные электрометрические измерения сухих образцов керна выполнены при температуре 20°C с помощью разработанного лабораторного электрометрического комплекса на базе цифрового тераомметра С.А.6547 и прецизионного цифрового RLC-метра МНС-1100, которые позволяют выполнять высокоточные измерения сопротивления и емкости в широком диапазоне частот с цифровой записью на ЭВМ по специальной программе. Лабораторные электрометрические измерения выполнялись на стандартизованных образцах горных пород цилиндрической формы диаметром 30 мм и высотой 30 мм. Выбор размеров и формы лабораторных образцов обусловлен тем, что большинство лабораторных установок для определения петрофизических параметров пород рассчитана на такие стандартизированные образцы.

Приведены результаты определения петрофизических параметров и их связь с емкостными свойствами пород из перспективных на углеводороды интервалов скважин импактных структур. По данным петрографических исследований образцов керна импактных структур определено, что по составу они относятся к импактитам, зювитам, брекчиям и измененным гнейсам.

Встречаются включения глинистого материала, сидерита, углефикация и пиритизация. По результатам лабораторных измерений установлено, что наблюдаются значительные вариации удельного сопротивления исследованных пород. Анализ полученных данных показывает, что относительная диэлектрическая проницаемость изменяется от 5,7 до 78,5. Низкими значениями диэлектрической проницаемости (<10) характеризуются некоторые разновидности зювитов и импактитов Болтиськой впадины, брекчии и гнейсы Оболонской структуры. Построены корреляционные зависимости между коэффициентами пористости, остаточного нефтенасыщения и десятичным логарифмом диэлектрической проницаемости. Впервые определены петроэлектрические параметры и установленные их корреляционные зависимости с емкостными свойствами пород импактных структур Украины.

Ключевые слова: импактиты, зювиты, коллекторы, коэффициент пористости, коэффициент проницаемости, удельное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость.

УДК 550.344

В. Ігнатишин, канд. фіз.-мат. наук, мол. наук. співроб., E-mail: rgstrs@i.ua,
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України,
пр. Палладіна, 32, м. Київ, Україна, 03680

Д. Малицький д-р фіз.-мат. наук, проф., зав. відділу,
E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua

Ю. Коваль, асп.,
Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна
Національної академії наук України,
вул. Наукова, 3-б, Львів, Україна, 79060

ДИНАМІКА СУЧАСНИХ РУХІВ ЗЕМНОЇ КОРИ В ЗОНІ ОАШСЬКОГО ГЛИБИННОГО РОЗЛОМУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. З.О. Вижвою)

Комплексне вивчення сейсмотектонічних процесів в Карпатському регіоні проводиться з метою отримання параметрів сучасного геодинамічного стану в регіоні. Дослідження сучасних рухів за результатами деформометричних спостережень відмічає загальну тенденцію горизонтальних зміщень, які домінують в Карпато-Балканському регіоні, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині.

Одним із найбільш ефективних і точних методів їх визначення є реєстрація деформації земної поверхні за допомогою кварцового деформографа. За період реєстрації деформаційних процесів в зоні Закарпатського внутрішнього прогину накопичено значний експериментальний матеріал. За результатами моніторингових досліджень на пункті деформографічних спостережень (ПДС) "Королєве" побудовано залежності різних геофізичних полів від сейсмічності регіону. Розглянуто зв'язок варіацій повільних деформацій земної кори з місцевими сейсмічними подіями. В роботі розглянуто результати комплексного аналізу процесів, які протікали в регіоні в 2013 році, та їх зв'язок із даними попередніх досліджень.

У роботі представлено результати спостережень рухів земної кори на ПДС "Королєве" з 1999 року по 2013 рік. Для досліджуваного регіону зареєстровані деформації є результатом тектонофізичних процесів в земній корі, впливу метеорологічних факторів (кількості опадів, рівня води в річках та інших).

За результатами деформографічних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому за 2013 р відмічено розширення гірських порід зі швидкістю $+1104$ нстр, яке відбувається після стиснення земної поверхні, яке спостерігалось протягом півтора року. При вивченні місцевої сейсмічності відмічено аномалію прискорення сучасних рухів. Подібні ефекти були також перед іншими відчутними сейсмічними подіями в регіоні.

Практичне значення роботи полягає у визначенні величини деформацій за 2013 рік, яка дорівнює $+11.04 \cdot 10^7$ і знаходиться в інтервалі спостережуваних середньорічних величин вікових рухів у Карпато-Балканському регіоні. Встановлено, що характер деформацій гірських порід є розширення. Величина деформацій за весь період спостережень становить $+18097.635$ нстр, $(180 \cdot 10^7)$ та середньорічний віковий хід рівний $+12.065 \cdot 10^7$.

Ключові слова: Карпатський регіон, сейсмотектонічні процеси, сучасні рухи, геодинамічний стан, деформометричні спостереження, Закарпатський внутрішній прогин.

Вступ. Процеси у верхніх шарах земної кори відіграють важливу роль у формуванні загального сейсмотектонічного стану в сейсмонезбезпечних зонах. Вивчення основних характеристик геофізичних процесів в Карпатському регіоні створює можливості для виявлення особливостей геологічних структур та їх зв'язку із сейсмічною активністю. Дослідження сучасних рухів за результатами деформометричних спостережень встановлює загальну тенденцію горизонтальних зміщень, які домінують в Карпато-Балканському регіоні, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині. В роботі розглянуто результати комплексного аналізу процесів, які протікали в регіоні в 2013 р. Для вивчення геодинаміки регіону, проводяться комплексні спостереження за параметрами різних геофізичних полів, що впливають на швидкість протікання сейсмотектонічних процесів.

На території Закарпаття вивчення сейсмотектонічних процесів проводиться Карпатським відділенням Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та Відділом сейсмічності Карпатського регіону Інституту Геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. В 1966 році був створений Карпатський геодинамічний полігон, що охоплює територію обмежену лінією Чоп-Ужгород-Перечин-Ужок-Воловець-Міжгір'я-Хуст-Берегово-Чоп.

На території полігону діють режимні геофізичні станції, сейсмічні станції та пункти деформографічних спостережень (ПДС). За багато років досліджень накопичено величезний матеріал, проводиться робота по удосконаленню методик обробки рядів спостережень на предмет виявлення зв'язку між різними геофізичними процесами та їх впливу на геодинаміку регіону, сейсмічну активність Закарпаття [6, 7]. Було отримано важливі результати про будову земної кори та сучасні горизонтальні рухи [1-3, 9].

Варіації прискорення зміщень точок спостережень на ПДС "Королєве" перед відчутними місцевими землетрусами в 2006, 2010, 2011, 2012 та 2013 років є більшими від розраховуваної величини за декілька (7-12 днів) днів до реєстрації місцевих землетрусів. Також, виявлено залежність величини прискорення сучасних добових рухів земної поверхні в горизонтальному напрямку від епіцентральної відстані та магнітуди землетрусів. Вивченню геодинаміки регіону та геофізичних полів присвячено багато наукових досліджень [5, 8]. В них показано домінуючою роль горизонтальних тектонічних рухів в розвитку земної кори та літосфери в цілому. Рух елементарного блоку тектоносфери, що протікає під дією горизонтальних сил є суперпозицією трьох основних видів рухів – паралельного переносу цього блоку, його жорсткого повороту в напрямку руху та деформації, що характеризується двома основними компонентами: зсувом та дилатацією [4].

Результати досліджень. За результатами деформографічних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому за 2013 р виявлено розширення гірських порід зі швидкістю $+1104$ нстр/рік, яке відбувається після стиснення земної поверхні, що спостерігалось впродовж півтора року (-1000 нстр).

Зміна гідрологічного стану викликає зміну геодинамічного стану, а це в свою чергу є джерелом підвищеної сейсмічності спостережуваного регіону. Подібні гідрогеологічні ефекти мали місце перед відчутними місцевими землетрусами: 15.11.2006 р, Берегівський район; 14.12.2010 р, Хустський район; 10.08.2011 р у Берегівському районі; 02.10.2011 р у Міжгірському районі; 24.10.2012 р Хустський район; 21.12.2012 р, Рахівський район; 04.04.2013 р, Тячівський район; 03.09.2013 р у Рахівському районі. Швидкість зміщення точки спостере-

ження на ПДС "Королеве" характерна підвищеними значеннями величин швидкості добових рухів, виміряних в досліджуваному регіоні в першій половині року. Як видно із залежностей швидкості сучасних рухів на ПДС "Королеве" за 2013 р, сейсмічні події реєструються в інтервалі суттєвих варіацій розрахованих величин добових зміщень точок спостережень земної поверхні. (рис. 1).

На рис. 2. наведено розраховані значення прискорення сучасних рухів земної кори на ПДС "Королеве" за 2013 р та відповідний розподіл місцевих землетрусів. Часові інтервали сейсмічної активності співпадають з часовими інтервалами аномальних коливань величини прискорення деформацій або передують їм. Проведений аналіз залежності величини амплітуди прискорення сучасних рухів перед відчутними землетрусами показав на підвищення в декілька раз амплітуди прискорення, на відміну від прискорення рухів земної кори перед слабкими землетрусами.

У 2013 р зареєстровано 2 відчутні землетруси: 04.04.2013 р та 03.09.2013 р у Рахівському районі. На графіку (рис. 2) прослідковується залежність сили землетрусу від величини амплітуди прискорення за декілька днів до реєстрації місцевого землетрусу.

Проведено аналіз взаємозв'язків досліджуваних динамічних параметрів в місячному діапазоні, що дасть можливість отримати характеристики сучасних рухів в короткоперіодних варіаціях спостережуваних геофізичних параметрів.

При вивченні залежностей динамічних параметрів від місцевої сейсмічності, відмічено аномалію прискорення сучасних рухів. Подібні ефекти були відмічені і перед іншими відчутними сейсмічними подіями в регіоні, де період аномалій деформацій триває 2-5 днів (рис. 3а, б). Серія місцевих землетрусів в Закарпатсь-

кому внутрішньому прогині в серпні-вересні 2013 р проходить після збільшення величини динамічних параметрів сучасних рухів: від 10 до 30 нстр. Дані події мають невелику магнітуду і є невідчутними. Характерною особливістю сейсмотектонічних процесів в листопаді та грудні 2013 р є активізація сейсмічних явищ у Виноградівському районі Закарпатської обл. Дані землетруси мають чітко виражені аномалії спостережуваних динамічних характеристик.

Для розуміння динаміки вікових рухів земної кори в зоні Оашського розлому проведено дослідження деформаційних процесів за весь період спостережень з 1999 р по 2013 р (рис. 4). Величина деформацій за 2013 р дорівнює $+11.04 \cdot 10^{-7}$ і лежить в інтервалі спостережуваних середньорічних величин вікових рухів у Карпато-Балканському регіоні. Величина деформації за весь період становить $+18097,635$ нстр, $(180 \cdot 10^{-7})$. Середньорічний віковий хід: $+12.065 \cdot 10^{-7}$.

На рис. 4. наведено результати спостережень рухів земної кори на ПДС "Королеве" за весь період спостережень з 1999 по 2013 рр та час реєстрації місцевих землетрусів. У цей проміжок часу відмічено інтервали розширення порід величиною $5-30 \cdot 10^{-7}$. У 2012 р сучасні рухи змінили знак деформації із розширення на стиснення величиною $-10 \cdot 10^{-7}$. Порівняно із минулим періодом, коли спостерігалось стиснення порід, теперішній геодинамічний стан характерний підвищеною сейсмічною активністю. Побудовано часову залежність вікового ходу за період спостережень 1999-2013 рр (рис. 5), які дають можливість з'ясувати динаміку рухів. Спостерігається подальше опускання поверхні території Оашського розлому. Частота виникнення землетрусів збільшується в інтервалах зміни знаку деформацій.

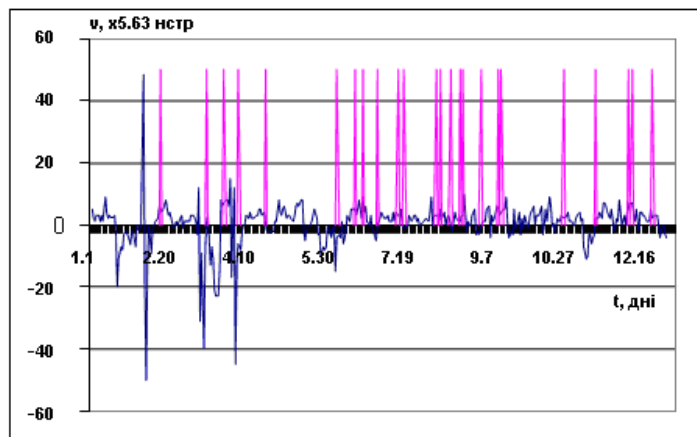


Рис. 1. Сейсмічна активність регіону та швидкість рухів земної кори на ПДС "Королеве" в 2013 р

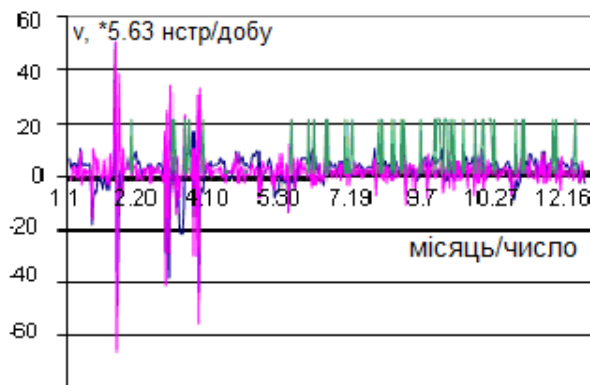


Рис. 2. Комплексний графік динамічних характеристик сучасних рухів на ПДС "Королеве" за 2013 р та час реєстрації місцевих землетрусів

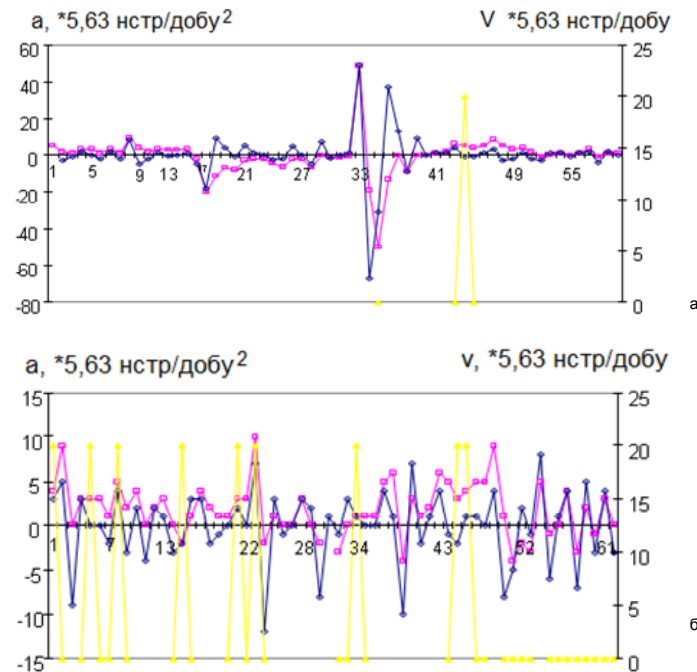


Рис. 3. Динамічні параметри геофізичного стану Карпатського регіону та місцева сейсмічність в Закарпатському внутрішньому прогині за період: а) січень-лютий 2013 р.; б) серпень-вересень 2013 р.

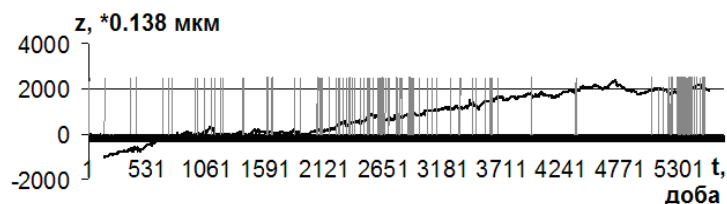


Рис. 4. Зміщення гірських порід на ПДС "Королеве" за 1999-2014 рр.

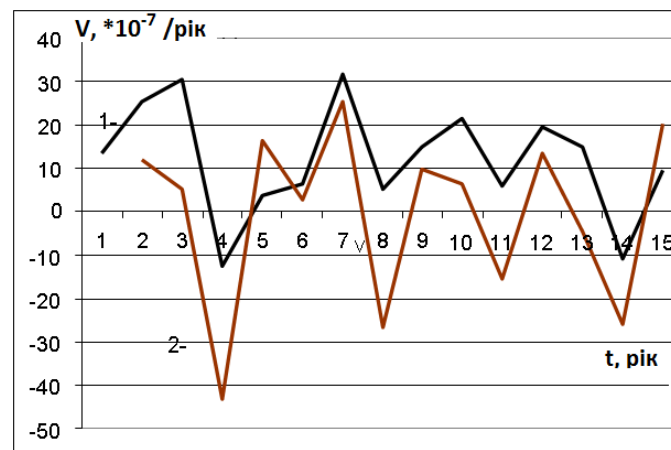


Рис. 5. Віковий хід деформацій земної кори на ПДС "Королеве" за інтервал деформометричних спостережень (1999-2013 рр.)

Висновки.

1. Геофізичні процеси, які протікають в геологічних структурах Закарпатського внутрішнього прогину, характеризуються періодичністю. В інтервалі довготривалих спостережень виділено періоди в 10 років.

2. Особливості цих періодичних процесів: наявність періодів тривалістю 2,5 років, яким характерні понижені швидкості вікових рухів (+500 нстр) та зміна знаку деформацій (розширення порід на стиснення); інтенсивні підвищення сейсмічної активності протягом наступних 8 років.

3. Спостерігаються аномальні варіації параметрів геодинімічного стану в інтервалі часу реєстрації місцевих та близьких землетрусів у 2013 та 2014 рр спостережень.

4. Відмічено підвищення сейсмічності в окремих районах Закарпатського внутрішнього прогину, зокрема, у Виноградівському регіоні за 2013-2014 рр.

Список використаних джерел

1. Вербицький Т., Ігнатишин В., Латиніна Л., Юркевич О., (1998). Сучасні деформації земної кори берегівської горстової зони. Геодинаміка, 1, 118-120.
2. Verbytskyy T., Ignatyshyn V., Latynina L., Yurkebych O., (1998). Suchasni deformatsiyi zemnoyi kory beregivskoyi gorstovoyi zony. Geodynamika, 1, 118-120 (In Ukrainian).
3. Вербицький Т., Кузнецова В., Ігнатишин В., (1998). Методика обробки і аналізу даних геофізичного моніторингу сейсмотектонічних процесів в Закарпатті та деякі його результати. Матер. міжнар. науково-техн. семінару, 14-18 вер. 1998 р., Севастополь, 103 – 111.

Verbytskyi T., Kuznetsova V., Ignatyshyn V., (1998). Metodyka obrobky i analizu danykh geofizychnoho monitoryngu seysmotektonichnykh protsesiv v Zakarpatti ta deyaki yogo rezultaty. Materialy mizhnarodnogo naukovo-tekhnichnogo seminaru, 14-18 veresnya 1998, Sevastopol, 103-111 (In Ukrainian).

3. Гутерман В.Г., Рахимова И.Ш., (1989). Восходящие и нисходящие современные движения в Карпато-Балканском регионе, степень их компенсированности. Сб. науч. тр., Киев: Наук. Думка, 132.

Guterman V.G., Rakhimova Y.Sh., (1989). Voskhodyaschie i nizkhodyaschie sovremennye dvizheniya v Karpato-Balkanskom regione, stepen ikh skompensirovanosti. Sb. nauch. tr., Kyiv: Nauk. Dumka, 132 (In Russian).

4. Есиков Н.П., (1979). Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности. Новосибирск: Наука, 182 с.

Esipov N.P., (1979). Tektonofizicheskie aspekty analiza sovremennykh dvizheniy zemnoy poverkhnosti. Novosibirsk: Nauka, 182 p. (In Russian)

5. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., (2012). Геофізичні та сейсмологічні дослідження в центральній частині Закарпаття. Матер. наук. конф. І-семінару: Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсμοактивних регіонах. 29-30 травня 2012 р., Львів, 58-64.

Ignatyshyn V.V., Malysy D.V., (2012). Geofizychni ta seysmologichni doslidzhennya v tsentralniy chastyni Zakarpattya. Materialy naukovoyi konferentsiyi-seminaru: Seysmologichni ta geofizychni doslidzhennya v seysmoaktivnykh regionakh. 29-30 travnya 2012. Lviv, 58-64 (In Ukrainian).

6. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., (2013). Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати. Геодинаміка, 2(15), 154-156.

Ignatyshyn V.V., Malysy D.V., (2012). Geofizychni sposterezheniya v Zakarpatti ta yikh rezultaty. Geodynamika, 2(15), 154-156 (In Ukrainian).

7. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Коваль Ю.П., (2013). Геодинамічна модель та сейсмічний стан Закарпаття за результатами деформативних спостережень. Геодинаміка, 2(15), 157-159.

Ignatyshyn V.V., Malysy D.V., (2013). Geodynamichna model ta seysmichnyy stan Zakarpattya za rezultaty deformatsiynykh sposterezen. Geodynamika, 2(15), 157-159 (In Ukrainian).

8. Лазаренко М.А., Мостовый С.В., Путилов В.В., Шкумбатюк Л.Н., (1989). Отражение процессов подготовки землетрясений в природных полях. Сб. науч. тр. Киев: Наук. Думка, 132.

Lazarenko M.A., Mostovyy S.V., Putilov V.V., Shkumbatyuk L.N., (1989). Otrazhenie protsesov podgotovki zemletryaseniy v prirodnykh polyakh. Sb. nauch. tr., Kiev: Nauk. dumka, 132 (In Russian).

9. Малицький Д., Ігнатишин В., Коваль Ю., (2012). Деформометричні дослідження в зоні Оашського розлому Закарпаття за результатами режимних спостережень на РГС "Тросник", "Королево" та "Берегово". Вісник Київського університету. Геологія, 59, 15-17.

Malysy D.V., Ignatyshyn V.V., Koval Yu., (2012). Deformometrychni doslidzhennya v zoni Oashskogo rozlomu Zakarpattya za rezultaty rezhimnykh sposterezen na RGS "Trosnyk", "Korolevo" ta "Beregovo". Visnyk Kyivskogo universytetu. Geologiya, 59, 15-17 (In Ukrainian).

Надійшла до редколегії 03.07.14

V. Ignatyshyn, Cand. Sci. (Phys.-Math.), E-mail: rgstrs@i.ua

Subbotin Institute of Geophysics

National Academy of Sciences of Ukraine

32, Acad. Palladin Ave., Kyiv, 03680

D. Malysy, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua

Y. Koval', Postgraduate Student

Carpathian Branch of Subbotin Institute of Geophysics

National Academy of Sciences of Ukraine

3-b, Naukova Str., Lviv, 79060 Ukraine

OASH DEEP FAULT ZONE: EARTH'S CRUST DYNAMICS

A comprehensive study of seismotectonic processes in the Carpathian region is carried out to obtain data on modern geodynamics in the region. Observing present-day movements by strain metering reveals the prevalence of horizontal displacements in the Balkan Carpathians, particularly in the trans-Carpathian inner trough.

One of the most efficient and accurate methods of indicating deformation is recording earth's surface deformation with quartz deformograph, which has sufficed considerable experimental material on the internal Carpathian Trough. Based on the monitoring data obtained from the field observation in Korolevo there were built diagrams of geophysical fields and seismicity in the region. The variations of slow deformations in the earth's crust are considered to be related to local seismic events.

The paper presents a comparative analysis of the data on earth's crust movement that occurred in the region during 1999-2013 and those obtained from the previous studies. The data on the strain processes recorded in the region result from both tectonic processes in the earth's crust and meteorologic conditions (precipitations, water level in rivers, etc). Strain metering in the Oash deep fault zone during 2013 reveals rock expansion (the velocity value making +1104), which results from the earth's surface compression recorded for 1.5 years. Local seismic data show an anomalous acceleration of earth's crust movements, which is indicative of discernable seismic events in the region. The practical value of the work carried lies in determining the magnitude of strain in 2013, which makes +11.04 10^{-7} , and is within the range of average annual values of the movements recorded in the Balkan Carpathians. Rock expansion is concluded to be a prevailing deformation. The value of strain during observation is 18097.635 nstr (180 10^{-7}), and the average annual age progress makes +12.065 10^{-7} .

Key words: Carpathian region, seismotectonic processes, contemporary movements, geodynamic situation, strain-metering observations, Transcarpathian inner trough.

В. Игнатишин, канд. физ.-мат. наук, млад. науч. сотрудник, rgstrs@i.ua

Институт геофизики им.С.И. Субботина НАН Украины,

пр. Палладина 32, г. Киев, Украина 03680,

Д. Малицкий, д-р физ.-мат. наук, проф., dmytro@cb-igph.lviv.ua

Ю. Коваль, асп.

Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,

ул. Научная, 3-б, г. Львов, Украина, 79060

ДИНАМИКА СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЗОНЕ ОАШСЬКОГО ГЛУБИННОГО РАЗЛОМА

Комплексное изучение сейсмотектонических процессов в Карпатском регионе проводится с целью получения параметров современного геодинамического состояния в регионе. Исследования современных движений по результатам деформометрических наблюдений устанавливает общую тенденцию горизонтальных смещений, которые доминируют в Карпато-Балканском регионе, в частности в Закарпатском внутреннем прогибе.

Одним из наиболее эффективных и точных методов их определения является регистрация деформации земной поверхности с помощью кварцевого деформографа. За период регистрации деформационных процессов в зоне Закарпатского внутреннего прогиба накоплен значительный экспериментальный материал. По результатам мониторинговых исследований на пункте деформографических наблюдений "Королево" построены зависимости различных геофизических полей от сейсмичности региона. Рассмотрена связь вариаций медленных деформаций земной коры с местными сейсмическими событиями. В работе рассмотрены результаты комплексного анализа процессов, которые протекали в регионе в 2013 году и их связь с данными предыдущих исследований.

В данной работе представлены результаты наблюдений движений земной коры на ПДС "Королево" за период наблюдений с 1999 по 2013 гг. Также можно выделить периодичность движений с периодом в 10 лет.

Для исследуемого региона зарегистрированы деформации являются результатом тектонофизических процессов в земной коре, влияния метеорологических факторов (количества осадков, уровня воды в реках и других). По результатам деформографических наблюдений в зоне Оашского глубинного разлома 2013 г отмечено расширение горных пород со скоростью +1104 НСТР, которое происходит после сжатия земной поверхности, которое наблюдалось на протяжении полутора лет. При изучении зависимостей динамических параметров от временного распределения местной сейсмичности, отмечено аномалию ускорения современных движений. Подобные эффекты были отмечены и перед другими ощутимыми сейсмическими событиями в регионе.

Практическое значение работы заключается в определении величина деформаций за 2013 г, которая равна +11.04 10^{-7} , и находится в интервале наблюдаемых среднегодовых величин вековых движений в Карпато-Балканском регионе. Установлено, что характер деформаций горных пород является расширение. Величина деформаций за весь период наблюдений составляет +18097,635 нстр (180 10^{-7}) и среднегодовой вековой ход ровный +12.065 10^{-7} .

Ключевые слова: Карпатский регион, сейсмотектонические процессы, современные движения, геодинамическое состояние, деформометрические наблюдения, Закарпатский внутренний прогиб.

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.98/553.048

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф., E-mail: vladvam@gmail.com
М. Курило, канд. геол. наук, доц., E-mail: rika_m@ukr.net
О. Андрєєва, канд. геол. наук, наук. співроб., E-mail: andreeva_ea@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ПРИНЦИПИ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ НЕТРАДИЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ВУГЛЕВОДНІВ

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

Стаття присвячена питанню геолого-економічної оцінки нетрадиційних ресурсів вуглеводневої сировини, насамперед, сланцевого газу. Метою роботи є аналіз існуючих методів оцінки та підрахунку запасів родовищ вуглеводнів, визначення найважливіших факторів та критеріїв їх оцінки.

Проаналізовано сучасні методики геолого-економічної оцінки нетрадиційних ресурсів вуглеводневої сировини. Встановлено, що більшість методик побудовано переважно на тих же принципах, що використовуються для оцінки традиційної вуглеводневої сировини, та базуються на використанні об'ємного методу підрахунку запасів. Наведено основну формулу розрахунку ресурсів сланцевого газу. Охарактеризовано додаткові параметри кількісної оцінки ресурсів нетрадиційного газу в ущільнених породах. Наведено складові для визначення оцінки ймовірності наявності вуглеводнів на території тектонічного елементу: регіональні та локальні. Обґрунтовано доцільність використання коефіцієнту заповнення пастки як показника, що надає кількісну оцінку вуглеводневого заповнення пасток. Наведено коефіцієнти заповнення пасток продуктивних горизонтів ДДЗ. Запропоновано ці показники використовувати для коригування формул оцінки ресурсів як додаткового коефіцієнту.

Розглянуто фактори, що відіграють важливу роль при оцінці ресурсів сланцевого газу. Охарактеризовано основні технології видобутку вуглеводневої сировини нетрадиційного типу. Зауважено, що технології видобутку враховуються в традиційних методиках оцінки. Для нетрадиційних видів вуглеводнів важливим фактором також є коефіцієнт тріщинуватості, від якого значною мірою залежать колекторські властивості порід. Запропоновано враховувати показник диференціації перспективних площ за складністю геологічної будови. В закордонних методиках також використовуються показники вірогідності, які визначають ймовірність підтвердження ресурсної бази сланцевого газу. Наведено показники для різних регіонів світу та Дніпровсько-Донецького регіону. Коефіцієнт заповнення пастки, коефіцієнт тріщинуватості, показник диференціації перспективних площ за складністю геологічної будови, показник ймовірності підтвердження – всі ці показники запропоновано використовувати в якості додаткових показників при розрахунку нерозвіданих ресурсів сланцевого газу.

Наведено основні дані щодо прогнозних ресурсів сланцевого газу Східного нафтогазоносного регіону та визначено основні завдання подальших досліджень по оцінці нетрадиційних ресурсів вуглеводнів України.

Ключові слова: сланцевий газ, геолого-економічна оцінка, додаткові коефіцієнти, Україна.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Найважливішою економічною проблемою України, яка також має соціальне і навіть політичне значення, є проблема забезпечення паливно-енергетичними ресурсами. Справа в тім, що Україна тільки на 45–50% забезпечує себе власним газом (видобуток 18–20 млрд м³/рік) і на 10–15 % нафтою (3–4 млн т). Реальні запаси вуглеводнів, які можуть розглядатися як ресурсна база видобутку, складають близько 600 млрд м³ газу та близько 100 млн т нафти. Ці запаси не можуть забезпечувати стабільне нарощування власного видобутку вуглеводнів в Україні. Саме тому питання про нетрадиційні джерела вуглеводнів набувають для нашої країни особливо важливого значення. Це питання стало нагальним для світової спільноти після 2010 р, коли вперше за новітню історію, починаючи з відкриття газових гігантів Західного Сибіру, Росія уступила світове лідерство США (745,3 млрд м³ проти 582,9 млрд м³). Це відбулося у першу чергу завдяки нарощуванню розробки родовищ так званого сланцевого газу і газу ущільнених порід, яка перевищила 40% від загального видобутку США. Найважливіші сланцеві басейни США: Марселлус, Нью-Олбані, Барнет, Хейнсвілл та ін.

Аналіз останніх публікацій і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проблема сланцевого газу та інших нетрадиційних джерел вуглеводнів України висвітлена в цілому ряді публікацій, де розбираються питання геології, стратиграфії, нафтогазоносності перспективних стратиграфічних комплексів осадових басейнів та інших перспективних структур України [4–6, 8–10]. Там вкладений значний новий фактичний матеріал по геологічній будові, структурним особливостям, літологічному, мінеральному і петрографічному складу потенційно нафтогазоносних порід, їх петрофізичним особливостям, колекторським і ємніс-

но-фільтраційним властивостям, їх нафтогазогенераційному потенціалу, формі знаходження вуглеводнів, компонентному складу вуглеводнів і співвідношенню їх ізотопів тощо. Але в цих та інших публікаціях відсутній геолого-економічний аналіз можливостей видобутку вуглеводневої сировини із нетрадиційних джерел, що, на наш погляд, є вирішальним в долі видобутку таких вуглеводнів на теренах України.

Треба відзначити, що Державною комісією України по запасах корисних копалин було запропоновано механізм оцінки ресурсів газу сланцевих товщ [7]. Але цей механізм, на наш погляд, є трансформацією традиційних підходів оцінки нафтогазоносності і не враховує цілий ряд особливостей, притаманних саме нетрадиційним типам сировини. На наш погляд, треба враховувати докорінну відмінність конвекційних та неконвекційних покладів вуглеводневої сировини, яка полягає в тому, що конвекційні родовища в межах седиментаційного басейну мають обмежений простір, чітко визначені розміри і запаси, а неконвекційні не мають. Тому підрахунок неконвекційних ресурсів вуглеводнів здійснюється на площі, обмеженій критерієм термічної зрілості порід та їх можливим нафтогазогенераційним потенціалом.

Формулювання цілей статті. У зв'язку з цим, головним завданням статті є критичний аналіз існуючих підходів до геолого-економічної оцінки неконвекційних покладів вуглеводнів, для чого проведений аналіз існуючих інструктивних матеріалів, наукових публікацій, інтернет-видань стосовно методів оцінки і підрахунку запасів традиційних і нетрадиційних видів родовищ вуглеводнів; аналіз досвіду провідних нафтогазодобуваючих фірм з розробки родовищ сланцевого газу; розглянуто найважливіші фактори і критерії геолого-економічної оцінки.

Аналіз сучасних методик оцінки нетрадиційних ресурсів вуглеводневої сировини. Існуючі методики оцінки ресурсів сланцевого газу побудовані переважно

на тих же принципах, що використовуються для оцінки традиційної вуглеводневої сировини [1, 3]. Головні кількісні та якісні параметри оцінки ресурсів базуються на класифікаційних ознаках, які використовують для категоризації ресурсів традиційної вуглеводневої сировини, виділяються такі категорії ресурсів:

- **Перспективні ресурси C_3** – обсяги нафти та газу, пов'язані з об'єктами, підготовленими до глибокого буріння, кількісно оціненими за результатами геологічного, геофізичного, геохімічного та іншого вивчення ділянок надр в межах продуктивних площ з відомими родовищами нафти і газу певного геолого-промислового типу. Кількісні оцінки параметрів родовищ (покладів) нафти і газу визначаються на підставі інтерпретації геологічних, геофізичних та інших даних, а також статистичної аналогії. До категорії C_3 належать ресурси, для яких не встановлено прямих доказів типу, виду та властивостей вуглеводнів. На перспективних ділянках надр в межах нафтогазоносного району, які підготовлені до глибокого буріння та оконтурені перевіреними для даного району методами геологічних і геофізичних досліджень, ресурси категорії C_3 можуть бути пов'язані із пластами, продуктивність яких встановлена на відомих родовищах району; на флангах відомих родовищ – із невивченими або нерозкритими бурінням зануреними частинами покладів, що прилягають до запасів більш високих категорій.

- **Прогнозні ресурси D_1** – ресурси літостратиграфічних комплексів в межах регіональних структур з доведеною нафтогазоносністю. Їх кількісна оцінка проводиться за результатами регіональних геологічних, геофізичних і геохімічних досліджень і за аналогією з розвіданими родовищами у межах регіону, який оцінюється.

- **Прогнозні ресурси D_2** – ресурси нафти і газу літостратиграфічних комплексів, які оцінюються у межах значних структур, нафтогазоносність яких ще не доведена, а перспективи нафтогазоносності прогнозуються на підставі даних геологічних, геофізичних і геохімічних досліджень. Кількісна оцінка прогнозних ресурсів цієї категорії проводиться за передбачуваними параметрами на підставі загальних геологічних уявлень і за аналогією з іншими, більш вивченими регіонами, де є розвідані родовища нафти і газу.

Більшість методик оцінки ресурсів нетрадиційного газу базуються на використанні об'ємного методу підрахунку запасів. Показниками, які необхідні для підрахунку об'ємним методом у газових родовищах, є:

- площа газонасиченості;
- ефективна та газонасичена товщина і об'єм газонасичених порід;
- середні коефіцієнти відкритої пористості, тріщинуватості, кавернозності, газонасиченості;
- початкові і поточні пластові тиски та умови замірів; їх середні значення;
- поправки на температуру і відхилення від закону Бойля-Маріотта;
- середній вміст конденсату у газі;
- коефіцієнт, що враховує мольну частку "сухого" газу.

Для розрахунку ресурсів сланцевого газу використовується формула:

$$V_{\text{геол}} = F \times h \times K_p \times K_r \times f \times K_p$$

де $V_{\text{геол}}$ – геологічні ресурси газу; F – площа підрахункової ділянки; h – потужність колектора (ефективна); K_p – коефіцієнт пористості; K_r – коефіцієнт газонасиченості; f – поправка на температуру для приведення об'єму газу до стандартної температури; K_p – поправка на тиск для приведення об'єму газу до об'єму при стандартному тиску.

Для переведення геологічних ресурсів газу у видобувні використовують коефіцієнт вилучення газу $K_{\text{вил.}}$, який для традиційних газових родовищ приймається рівним

0,85, для газу в щільних колекторах рекомендують значення коефіцієнту визначати методом експертних оцінок на основі досвіду видобутку такого газу. Для щільних колекторів коефіцієнт вилучення коливається в межах 0,25–0,50. Вітчизняні фахівці пропонують використовувати показник 0,35 для газу щільних колекторів (в незалежності від регіональних особливостей площ, які оцінюються). В роботах по визначенню кількості ресурсів нетрадиційного газу часто коефіцієнт газонасиченості для всіх комплексів і ділянок прийнято на рівні 0,65 без врахування регіональних і локальних особливостей ділянок.

В багатьох опублікованих роботах також використовують інші абсолютні та відносні показники, які характеризують перспективність оцінюваної площі:

- вміст газу – відношення об'єму газу (в м^3 або куб. фут) на масу порід (в тоннах);
- щільність ресурсів газу – відношення об'єму газу на одиницю площі;
- денна продуктивність свердловини (для розвіданих родовищ) та ін.

Додаткові параметри кількісної оцінки ресурсів нетрадиційного газу в ущільнених породах та їх обґрунтування. За експертними оцінками ресурси сланцевого газу в Україні коливається від 1–2 до 20–25 трлн м^3 . Така різниця в оцінках обумовлена насамперед відсутністю фактичного матеріалу; ймовірнісним характером багатьох показників, закладених в розрахунках, а також відмінностями у вітчизняних і закордонних методиках оцінки. Так, вітчизняні оцінки коливаються в межах 10–25 трлн м^3 , а найменші значення 1,2 трлн м^3 подані в матеріалах агенції EIA [13].

У зарубіжних методиках використовують додаткові поправкові (найчастіше зменшуючі) коефіцієнти, які враховують якісні характеристики оцінюваних площ. Зокрема, програмний продукт FASPUM [12] нерозвідані ресурси вільного газу оцінює, виходячи із наступної формули:

$$Q_r = 43,560 A F H A (1 - S_w) (P_c / T) (1 / Z) (T_{sc}),$$

де A – площа пастки, F – коефіцієнт заповнення пастки, H – потужність резервуару, Φ – ефективна пористість колектора, S_w – водонасиченість резервуару, P_c – початковий тиск, T – пластова температура, Z – коефіцієнт стиснення газу, T_{sc} – стандартна температура, P_{sc} – стандартний тиск.

Програмний продукт дозволяє визначати нерозвідані ресурси з урахуванням 14-ти ймовірностей та 7 геологічних ознак. Ймовірності розділені на 2 групи: регіональні – ті, що характеризують ймовірність наявності вуглеводнів (ВВ) на території тектонічного елемента та локальні – ймовірність наявності покладу ВВ у локальному об'єкті цього тектонічного елемента [2].

Оцінка ймовірності наявності вуглеводнів (ВВ) на території тектонічного елемента включає визначення складових:

- Наявність джерел ВВ;
 - Час формування пасток;
 - Міграція ВВ;
 - Наявність колекторів;
 - Загальна перспективність тектонічного елемента (добуток ймовірностей 1, 2, 3, 4);
 - Ймовірність наявності покладу в локальному об'єкті (добуток ймовірностей 8, 9, 10 з другої групи);
 - Літологія резервуара (теригенний чи карбонатний).
- Оцінка ймовірності наявності покладу ВВ включає визначення наступних складових:

1. Наявність пастки;
2. Ефективна пористість;
3. Акумуляція ВВ;
4. Частка газу;
5. Частка нафти;
6. Коефіцієнт вилучення нафти (%);

7. Коефіцієнт вилучення газу (%).

У наведеній вище формулі привертає увагу **коефіцієнт заповнення пастки** (F), який надає кількісну оцінку вуглеводного заповнення пасток. Його використання обґрунтоване наступним:

- від наявності даних про заповнення ВВ пасток продуктивних горизонтів і стратиграфічних комплексів багато в чому залежить наукове обґрунтування геолого-розвідувальних робіт (ГРП);
- особливості будови різних типів пасток і коефіцієнтів їх заповнення ВВ, визначені за матеріалами розвіданих покладів, дають змогу використовувати ці дані при оцінці нафтогазоносності конкретних перспективних структур на невивченій території.

У роботі [2] визначені коефіцієнти заповнення пасток продуктивних горизонтів фанерозою ДДЗ, які становлять: для кам'яновугільних відкладів – 0,53, нижньопермських – 0,70, юрських – 0,26, фанерозойських – 0,50. Пастки основних нафтогазоперспективних нижньокам'яновугільних відкладів мають середній коефіцієнт заповнення 0,53 (нафтою – 0,38, газом – 0,54). Заповнення вуглеводнями пасток різних типів структур неоднакове. Середній коефіцієнт заповнення пасток наскрізних структур становить 0,53 (нафтою – 0,36; газом – 0,57), у тому числі антиклінальних пасток на брахіантикліналях – 0,51 (нафтою – 0,36; газом – 0,56) і неантиклінальних на геміантикліналях – 0,60 (газом). Антиклінальні пастки на похованих брахіантикліналях характеризуються середнім коефіцієнтом заповнення, рівним 0,47 (нафтою – 0,46, газом – 0,48). Визначені показники можуть використовуватися для коригування формул оцінки ресурсів введенням додаткового коефіцієнту.

Важливу роль при оцінці ресурсів сланцевого газу та визначенні їх видобувної частини відіграють **технологічні фактори**. Технологія видобутку вуглеводневої сировини нетрадиційного типу відрізняється від традиційних технологічних і технічних рішень. При видобутку використовують технології горизонтального або похило-спрямованого буріння (directionaldrilling), гідравлічного розриву пласта (hydraulicfracturing) та 3D-сейсмічного моделювання покладів. Ці методи дозволяють отримати високий, комерційно привабливий дебіт газу зі свердловини [11]. Буріння горизонтальних та похило-спрямованих свердловин використовується через те, що чимало природних тріщин у пластах нетрадиційного газу є вертикальними. Відтак, при бурінні вертикального свердловин більша їх частина виявляється незадіяною. Проходження горизонтальної частини стовбура свердловини через весь пласт дозволяє перетнути більшість таких щілин. Порівняно з традиційним бурінням, такі свердловини покривають принаймні вчетверо більші площі під землею та дозволяють втричі скоротити обсяг видобутку земель на поверхні. Розміщення на одному майданчику кластеру з кількох горизонтальних свердловин дозволяє ще більше скоротити ці площі, а отже зменшити негативний вплив на довкілля, витрати на розбудову інфраструктури та експлуатаційні витрати, а також знизити рівень шуму та інтенсивність руху вантажного транспорту.

У традиційних методиках у загальному коефіцієнті вилучення вуглеводнів із надр враховують технології видобутку, а також виробничо-технологічні втрати вуглеводнів – кількість нафти, природного газу, газового конденсату, які витрачаються на здійснення технологічних процесів видобування, підготовки до транспортування, транспортування нафти, природного газу та газового конденсату в межах нафтогазопромислового об'єкту.

Для нетрадиційних видів вуглеводнів важливим фактором, який може суттєво впливати на продуктивність свердловин, є **коефіцієнт тріщинуватості**, від яко-

го значною мірою залежать колекторські властивості порід. Розвиток тріщинуватості значною мірою визначає концентрацію запасів вуглеводнів, які часто розміщені вздовж тектонічних порушень, особливо в зонах їх перетинів, зон максимального розвитку тріщинуватості. Коефіцієнт тріщинуватості встановлюється окремо для кожного об'єкту (перспективна площа, її ділянки тощо).

Також при оцінках ресурсної бази родовищ вуглеводнів нетрадиційних видів доцільно вводити поправковий коефіцієнт на складність геологічної будови площі, яка оцінюється. Загалом ускладнення геологічної будови ускладнює підрахунок видобувних ресурсів у промислових категоріях запасів. Для визначення цього коефіцієнту можна рекомендувати загальноприйняту класифікацію, яка використовується в чинних нормативних документах [1, 3]. За складністю геологічної будови, умовами залягання і мінливістю властивостей продуктивних пластів виділяються, незалежно від величини запасів родовища, такі поклади або експлуатаційні об'єкти:

- простої будови, що пов'язані з не порушеними або слабо порушеними структурами; їхні продуктивні пласти характеризуються витриманістю товщин і колекторських властивостей у плані і в розрізі (коефіцієнт піщанистості більше 0,7 і коефіцієнт розчленування менше 2,6);
- складної будови, що характеризуються значною мінливістю товщин і колекторських властивостей продуктивних пластів у плані і в розрізі, літологічними заміщеннями колекторів слабопроникиними породами або наявністю тектонічних порушень (коефіцієнт піщанистості менше 0,7 і коефіцієнт розчленування більше 2,6);
- дуже складної будови, для яких характерні літологічні заміщення, тектонічні порушення, так і невтриманість товщин і колекторських властивостей продуктивних пластів.

У роботах зарубіжних фахівців при проведенні початкової геолого-економічної оцінки і розрахунку видобувних ресурсів також використовують такі показники, як вірогідність, які визначають імовірність підтвердження ресурсної бази сланцевого газу. Зокрема, для різних країн встановлені такі показники вірогідності (табл. 1).

Як бачимо, для вітчизняних ресурсів сланцевого газу, зокрема, Дніпровсько-Донецького регіону, рекомендований показник вірогідності є низьким і складає 16%. Відповідно, це підвищує ризик проведення ГРП.

Для удосконалення методик підрахунку нерозвіданих ресурсів сланцевого газу можна використовувати додаткові параметри (табл. 2), які відображають геологічні та технологічні аспекти їх видобутку.

Висновки. За оцінками прогнозні ресурси сланцевого газу Східного НГР становлять 10–12 трлн м³ (усього в Україні – 13–17 трлн м³), щільного газу – 3–4 трлн м³ (всього 4–6 трлн м³), сланцевої нафти – 300–350 млн т (усього 500–650 млн т). Прогнозні ресурси метану вугільних родовищ оцінюються в 3,0–3,5 трлн т. Певні перспективи газоносності можуть бути також пов'язані з імпаکتними структурами та газогідратами Чорного моря.

Однак, треба мати на увазі, що реальні видобувні ресурси покладів вуглеводнів нетрадиційного типу будуть набагато меншими і, скоріш за все, не будуть перевищувати 10% їх прогнозних ресурсів. Результати геологічних вивчень свідчать про дуже складну форму і невтриманість у розрізі та за простяганням покладів сланцевого газу: структура перспективних територій дуже шарувата, з неодноразовим повторенням в розрізі продуктивних комплексів лінзоподібної форми, потужність яких може зменшуватися і виклинуватися по простяганням, з такими частинами розрізу, де вміст газу порівняно низький і не має промислового інтересу. Таким чином, сланцевим газом в тій чи іншій мірі насичений весь розріз девону і карбону ДДЗ. Це все є гігантським газоносним басейном, але різні його частини, як і різні частини розрізу мають різні кількісні і якісні харак-

теристики газонасиченості. Питання промислового значення покладів сланцевого газу має не стільки геологічний, скільки геолого-економічний характер.

Серед визначених завдань подальших досліджень є проведення початкової та попередньої геолого-економічної оцінки за допомогою рекомендованих методик з метою визначення перспективних для освоєння ділянок.

Таблиця 1

Показники вірогідності					
Region	Басейн	Формація	Фактор		
			Play* Success Factor	Prospective Area Success Factor	Composite Success Factor
Канада	AppalachianFoldBelt	Utica	100	40	40
	WindsorBasin	HortonBluff	50	40	20
	HomRiver	MuakwaOtorPark	100	75	75
		Evakho	80	75	60
	Cordova	MuakwaOtorPark	80	50	40
	Liard	LowerBosoFover	80	50	40
	DeepBasin	MontneyShale	100	75	75
		DiogPhosphate	80	50	40
Мексика	ColoradoGroup	ZWS &FishScales	80	50	40
	BurgosBasin	EagleFordShale	80	50	40
		TithorianShale	50	50	25
	SabinasBasin	EagleFordShale	40	40	16
		TithorianShale	40	20	8
	TampicoBasin	Pimients	60	40	24
	TupanPlatform	Tamauiipas	40	50	20
		Pimients	40	50	20
Північ Південної Америки	VeracrusBasin	U.K.Maltrata	40	40	16
	MaracaiboBasin	LaLura	50	50	25
	Cavambo Sub-Basin	LaLura	50	60	30
		Capacho	50	60	30
Південь Південної Америки	Nouqoun	LosMoles	80	50	40
		VacaMuorta	80	50	48
	SanJorge	AguadaBandera	50	40	20
		Pozo D-129	60	40	24
	Austral-Magalanos	Linoceramus	50	50	25
		MagnasVordes	50	50	25
Польща	Parana	SanAlfredo	30	40	12
	BalticBasin	SilurianShales	80	50	40
	LublinBasin	SilurianShales	60	40	24
Східна Європа	PodlasicDepression	SilurianShales	60	50	30
	BalticBasin	SilurianShales	60	50	30
	Dnieper-Donets Basin	ViseanShales	40	40	16
	LublinBasin	SilurianShales	60	40	24
Західна Європа	North Sea-German Basin	PosidoniaShale	60	50	30
		NamurianShale	60	50	30
		WooldenShale	50	40	20
	ParisBasin	P-C Shale	60	60	36
	ScandinaviaRegion	AlumShale	50	40	20
	South-East FrenchBasin	TorrosNiores	50	50	25
		LiassicShale	60	50	30
	N.UK.PetroleumSystem	BowlandShale	40	50	20
	S.UK.PetroleumSystem	LiassicShale	40	50	24

* Play – нетрадиційне родовище

Таблиця 2

Додаткові показники при розрахунку нерозвіданих ресурсів сланцевого газу	
Назва показника	Мета та особливості визначення та розрахунку
Коефіцієнт заповнення пастки	Вдосконалення коефіцієнту вилучення газу з врахуванням геологічних особливостей освоєння сланцевого газу. Визначення окремо по перспективним площам або їх ділянкам
Коефіцієнт тріщинуватості	Вдосконалення коефіцієнту вилучення газу з врахуванням технологічних особливостей освоєння сланцевого газу. Визначення окремо по перспективним площам або їх ділянкам
Показник диференціації перспективних площ за складністю геологічної будови	Врахування не підтвердження видобувних ресурсів в складі геологічних через наявність ускладнень будови ділянки
Ризик/ймовірність підтвердження	Врахування геолого-економічних характеристик в залежності від ступеня геологічного вивчення достовірності даних

Список використаних джерел

1. Вивчення фізичних властивостей гранулярних порід-колекторів до підрахунку запасів нафти і газу об'ємним методом. Методичні вказівки, (2010). Київ-Львів, 1-46.

Study of the physical properties of granular reservoir rocks in the calculation of oil and gas volumetric method. Methodical instructions, (2010) [Vyvchennya fizychnykh vlastyvostey granulyarnykh porid-kolektoriv do pidrakhunku zapasiv nafty i gazu obyemnym metodom. Metodychni vkazivky]. Kyiv-Lviv, 1-46 (In Ukrainian).

2. Демяненко І.І., (1998). Особливості розподілу покладів вуглеводнів в гіпсометричних поверхнях нафтогазоносності фанерозою Дніпровсько-Донецької западини та основні принципи їх пошуків і розвідки: автореф. дис. ... доктора геол. наук. К, 19.

Demjanenko I.I., (1998). Features of the distribution of hydrocarbons in the oil and gas hypsometric layers phanerozoic Dnieper-Donetsk Depression, and basic principles of their prospecting and exploring [Osoblyvosti rozpodilu pokladiv vuhlevodniv v hipsometrychnykh poverkhakh naftogazonosnosti fanerozoju Dniprovsko-Donetskoji zapadyny ta osnovni pryncypy jikh poshukiv i rozvidky: avtoref. dis. ... dr. geol. nauk]. Kyiv, 19 (In Ukrainian).

3. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу, (1998). Наказ ДКЗ України від 10 липня 1998 р., N 46.

Instructions for Mineral Resources Classification of State Fund of Mineral Resources to the geological-economic study of resources of perspective areas and reserves of oil and gas, (1998). [Instrukcija iz zastosuvannja

Klasifikaciji zasavis i resursiv korysnykh kopalyn derzhavnoho fondu nadr do heoloho-ekonomichnoho vyvchennja resursiv perspektivnykh diljanok ta zasavis rodovysch nafty i hazu]. Order of the State Commission of Ukraine on Mineral Resources from July 10, 1998, N 46 (In Ukrainian).

4. Лукин А.Е., (2010). Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США). Геологический журнал, 3, 17–32.

Lukin A.E., (2010). Shale gas and its extraction prospects in Ukraine. Article 1. Current state of shale gas (in the light of experience of development of its resources in the United States) [Slancevyj gaz i perspektivy ego dobychi v Ukraini. Stat'ja 1. Sovremennoe sostojanie problemy slancevogo gaza (v svete opyta osvoinja ego resursov v SShA)]. *Geological Journal*, 3, 17–32 (In Russian).

5. Лукин А.Е., (2010). Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Волино-Подольи и Северо-Западном Причерноморье. Геологический журнал, 4, 7–24 (In Russian).

Lukin A.E. (2010). Shale gas and its extraction prospects in Ukraine. Article 2. Black shale complexes of Ukraine and the prospects for their gas bearing in the Volyn-Podolia and the North-Western Black Sea region [Slancevyj gaz i perspektivy ego dobychi v Ukraini. Stat'ja 2. Chemoslancevyje komplekxy Ukrainy i perspektivy ih gazonosnosti v Volyno-Podolii i Severo-Zapadnom Prichernomor'e]. *Geological Journal*, 4, 7–24.

6. Лукин А.Е. (2011). Перспективы сланцевой газоносности Днепровско-Донецкого авлакогена. Геологический журнал, 1, 21–41.

Lukin A.E. (2011). Prospects for shale gas bearing Dnieper-Donets aulacogene [Perspektivy slancevoj gazonosnosti Dneprovsko-Donetskogo avlakogena]. *Geological Journal*, 1, 21–41 (In Ukrainian).

7. Методичні вказівки з оцінки ресурсів газу сланцевих товщ (2012). Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин № 625 від 29 грудня 2012 р.

Methodological guidelines for estimation of shale gas resources strata, (2012). Order of the State Commission of Ukraine on Mineral Resources № 625 of December 29, 2012 (In Ukrainian).

8. Михайлов В.А., Чепіль П.М., (2012). Перспективи нафтогазоносності імпактних структур Українського щита. Геолог України, 1–2, 72–82.

Mykhailov V.A., Chepil P.M., (2012). Hydrocarbon potential impact structures Ukrainian Shield [Perspektivy naftogazonosnosti i mpaktykh struktur Ukrayinskogo schyta]. *Ukrainian Geologist*, 1–2, 72–82 (In Ukrainian).

9. Михайлов В.А., Гладун В.В., Зейкан О.Ю., Чепіль П.М., (2012). Перспективи відкриття в Україні нетрадиційних родовищ нафти, пов'язаних зі сланцевими і флішовими відкладами. Нафтогазова промисловість, 1, 55–59.

Mykhailov V.A., Gladun V.V., Zeykan A.U., Chepil P.M., (2012). Prospects opening in Ukraine unconventional oil associated with shale and flysch sediments [Perspektivy vidkryttja v Ukraini netradycijnykh rodovysch nafty, pov'язanykh zi slancevymi i flishovymi vidkladamy]. *Oil and gas industry*, 1, 55–59 (In Ukrainian).

10. Михайлов В.А., Огар В.В., Зейкан О.Ю., (2011). Перспективи газоносності сланцевих відкладів Дніпровсько-Донецької западини. Геолог України, 2, 51–58.

Mykhailov V.A., Ogar V.V., Zeykan O., (2011). Prospects for shale gas content of sediments Dnieper-Donets depression [Perspektivy hazonosnosti slancevykh vidkladiv Dniprovsko-Donckoji zapadyny]. *Ukrainian Geologist*, 2, 51–58 (In Ukrainian).

11. Нетрадиційний газ: як скористатися шансом?, (2012). К.: "Діксі груп", 1–80.

Unconventional gas: how to use the chance?, (2012) [Netradycijnyj haz: jak skorystatsja shansom?]. К.: "Diksi group", 1–80 (In Ukrainian).

12. Стрижак В.П., (2003). Геологічна будова Центральної частини Дніпровсько-Донецького рифтогену та її нафтогазоносність: автореф. дис. кандидата геол. наук. К, 19.

Strizhak V.P., (2003). The geological structure of the central part of the Dnieper-Donets riftogen and its oil and gas [Heolohichna budova Centralnoji chastyny Dniprovsko-Donckoho ryltogeny ta jiji naftogazonosnist: avtoref. dis. ... kand. geol. nauk]. Kyiv, 19 (In Ukrainian).

13. U.S. Energy Information Administration. *Annual Energy Review*. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr87414B>.

Надійшла до редколегії 03.07.14

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof. E-mail: vladvam@gmail.com
M. Kurilo, Cand. Sci. (Geol.), Assos. Prof. E-mail: rika_m@ukr.net
O. Andreeva, Cand. Sci. (Geol.), Research Associate E-mail: andreeva_ea@ukr.net
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

UNCONVENTIONAL HYDROCARBON RESOURCES: GEOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION

The paper considers the issue of geological and economic evaluation of unconventional hydrocarbon resources – shale gas, namely. The purpose of the work is to review the methods employed to estimate and evaluate hydrocarbon reserves, with factors and criteria to be determined.

The material studied reveals most methods to have been mainly devised to estimate traditional hydrocarbons – volumetric method, namely. The paper proposes a fundamental formula for shale gas resource evaluation. Additional criteria for quantitative evaluation of the unconventional gas resources in the compacted rocks are also characterized. The paper provides factors, both regional and local ones, necessary to estimate hydrocarbons probability on the tectonic site. There is grounded a fill factor to be a quantitative index to hydrocarbon traps. Hydrocarbon trap saturation coefficients for effective pays of the Dnieper-Donets Basin are stated. The indices mentioned above are proposed to be considered an additional factor when modifying resource estimators.

The paper examines other factors affecting the evaluation of shale gas resources. It reviews basic technologies used to produce unconventional hydrocarbons, with mining technologies to be involved in traditional evaluations. Fracturing coefficient is supposed to be an important factor for unconventional hydrocarbons, which largely affects the properties of collector rocks. Perspective area index differentiated on the complexity of the geological structure is proposed to be also taken into account. Probability factor is traditionally considered in the state-of-the-art technologies as an indicator of shale gas presence, which indices for different regions of the world and the Dnieper-Donetsk region are given in the paper. The fill factor, fracturing coefficient, perspective area coefficient differentiated on the complexity of the geological structure, probability factor are proposed to be applied as additional factors when evaluating shale gas resources.

The paper shows estimates on shale gas resources in the eastern petroleum region of Ukraine and sets objectives of further research into unconventional hydrocarbon resources in the country.

Key words: shale gas, geological and economic evaluation, additional coefficients, Ukraine.

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф., vladvam@gmail.com
М. Курило, канд. геол. наук, доц., rika_m@ukr.net
Е. Андреева, канд. геол. наук, науч./сотрудник, andreeva_ea@ukr.net
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Статья посвящена вопросу геолого-экономической оценки нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья, прежде всего, сланцевого газа. Целью работы является анализ существующих методов оценки и подсчета запасов месторождений углеводородов, определения важнейших факторов и критериев их оценки.

Проанализированы современные методики геолого-экономической оценки нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья. Установлено, что большинство методик построено преимущественно на тех же принципах, которые используются для оценки традиционного углеводородного сырья, и базируются на использовании объемного метода подсчета запасов. Приведена основная формула расчета ресурсов сланцевого газа. Охарактеризованы дополнительные параметры количественной оценки ресурсов нетрадиционного газа в уплотненных породах. Приведены составляющие для определения оценки вероятности наличия углеводородов на территории тектонического элемента: региональные и локальные. Обоснована целесообразность использования коэффициента заполнения ловушки как показателя, который дает количественную оценку углеводородного заполнения ловушек. Приведены коэффициенты заполнения ловушек для различных продуктивных горизонтов ДДЗ. Предложено эти показатели использовать для корректировки формул оценки ресурсов в качестве дополнительного коэффициента.

Рассмотрены факторы, которые играют важную роль при оценке ресурсов сланцевого газа. Охарактеризованы основные технологии добычи углеводородного сырья нетрадиционного типа. Замечено, что технологии добычи учитываются в традиционных методиках оценки. Для нетрадиционных видов углеводородов важным фактором также является коэффициент трещиноватости, от которого в значительной мере зависят коллекторские свойства пород. Предложено также учитывать показатель дифференциации перспективных площадей по сложности геологического строения. В иностранных методиках также используются показатели вероятности, определяющие вероятность подтверждения ресурсной базы сланцевого газа. Приведены показатели для различных регионов мира и Днепровско-Донецкого региона. Коэффициент заполнения ловушки, коэффициент трещиноватости, показатель дифференциации перспективных площадей по сложности геологического строения, показатель вероятности подтверждения – все эти показатели предложено использовать в качестве дополнительных показателей при расчете неразведанных ресурсов сланцевого газа.

Приведены основные данные относительно прогнозных ресурсов сланцевого газа Восточного нефтегазоносного региона. Определены основные задачи дальнейших исследований по оценке нетрадиционных ресурсов углеводородов Украины.

Ключевые слова: сланцевый газ, геолого-экономическая оценка, дополнительные коэффициенты, Украина.

УДК 551.242 (477.7)

М. Герасимов, д-р геол.-минералог. наук, главный геолог,
Тематическая партия "Крымгеофизика",
E-mail: ageocrimea@mail.ru

Т. Галко, д-р геол. наук, начальник,
Центр проектирования разработки газовых и газоконденсатных месторождений
УкрНДИГаза, E-mail: gazrozrobka@gmail.com

Н. Евдошук, д-р геол. наук, проф., зав. отделом,
E-mail: myevdoshchuk@rambler.ru
Институт геологических наук Национальной академии наук Украины,
ул. Олеса Гончара, 55-б, г. Киев, ГСП, 01601, Украина

Т. Дрягина, геолог I кат.,
Тематическая партия "Крымгеофизика",
E-mail: ageocrimea@mail.ru

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КРЫМСКОЙ ЗАДУГОВОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ

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

Накопленный объем геолого-геофизической информации по Южному нефтегазоносному региону позволяет обоснованно перейти от парадигмы о геосинклиналях и разломно-блоковой тектоники Земной коры и мантии к парадигме актуалистической геодинамики с сочетанием в истории Земли этапов формирования суперконтинентов и их распада. Новая парадигма позволила выделить в Южном регионе Крымскую задуговую рифтовую систему как наиболее перспективную на нефть и газ структуру в пределах суши, северо-западного шельфа Черного моря и юго-западного сектора Азовского моря. Тектонические движения при растяжении и при сжатии с определяющей ролью сдвиговой составляющей, но в целом противоположной направленности, имеют принципиально разные следствия на всех уровнях Земной коры. Использование актуалистического метода при интерпретации данных наземных наблюдений с учетом корреляционных схем составленных по оцифрованным каротажным диаграммам позволяет по разным параметрам создавать геологически адекватные модели локальных перспективных объектов, структурно-тектонических элементов для осадочных бассейнов различного генезиса. Прослеживание по разрезу и площади тектонических палеоразрывов, ограничивающих горстообразные, антитетические, грабенообразные и гомотетические блоки свидетельствуют о процессе рифтообразования с проявлением сдвиговой составляющей тектонических движений, благодаря которой складки в пределах одной структурной зоны имеют кулисообразные сочленения. Наличие криптодиапировых, диапировых складок в глинистом разрезе и рифовых массивов в карбонатном или терригенно-карбонатном разрезе также подчинено тектонической зональности Крымской задуговой рифтовой системы.

Ключевые слова: задуговая рифтовая система, геодинамическая эволюция, седиментационный бассейн, сейсмическое профилирование, палеотеррейн.

Постановка проблемы. Закономерности глубинного строения Крымского полуострова и прилегающих акваторий на всех этапах изучения региона привлекали пристальное внимание отечественных и зарубежных исследователей как с точки зрения подтверждаемости тех или иных геолого-тектонических концепций, так и соотношения структурно-тектонических элементов в транзитной (переходной) зоне суша-море. При этом особое внимание уделялось изучению закономерностей размещения полезных ископаемых, сейсмичности, а в последние десятилетия и динамике экологической обстановки.

Судя по слабовыраженным аномалиям потенциальных полей, имеющим субмеридиональное или северо-восточное простираие на востоке Равнинного Крыма, до этой узловых зон необходимо проследить южные окончания Орехово-Павлоградской и Криворожской дорифейских сутур как коллизионных швов рифейского этапа консолидации палеоконтинента Лавруссия.

Методы и материалы исследований. Внедрение геофизических методов в комплексе с геологическими, геохимическими, петрографическими и петрофизическими исследованиями, с учетом данных бурения скважин, особенно на нефть и газ, глубинного геологического картирования (ГГК), обеспечило возможность рассмотрения закономерностей глубинного строения региона в полном соответствии с наиболее прогрессивными теоретическими концепциями с позиций актуалистической геодинамики. При этом оказывается, что казавшиеся в прошлом противоречивыми и необъяснимыми факты укладываются в последовательно-логическую схему геодинамической эволюции региона на всех этапах геологической истории в полном соответствии с современными представлениями о геодинамической эволюции других регионов мира и Мирового океана в целом как седиментационного бассейна [5].

Анализ последних исследований. Накопленный объем геолого-геофизической информации позволяет обоснованно перейти от парадигмы о геосинклиналях и разломно-блоковой тектонике земной коры и мантии к парадигме актуалистической геодинамики с сочетанием в истории Земли этапов формирования суперконтинентов и их распада как следствий эволюции геосфер не только на коровом и мантийном уровнях, но и на уровне ядра и субъядра Земли [1-4, 6].

В практическом аспекте наибольшее значение имеют следствия формирования геологических структур разного иерархического уровня и разного ранга при тектонических движениях с растяжением земной коры и ее тангенциальным сжатием. При этом весьма существенна роль сдвиговой составляющей тектонических движений на всех уровнях земной коры, поскольку любые движения в земной коре происходят, в общем, на сферической поверхности. Тектонические движения при растяжении и при сжатии в целом противоположной направленности имеют принципиально разные следствия, которые могут быть разделены благодаря высокой информативности прежде всего геофизических данных, особенно сейсморазведки в различных модификациях (ГСЗ, КМПВ, МОГТ, МОВ, МПВ и др.), а также регистрации землетрясений с построением сейсмотомографических моделей. Большую роль в повышении эффективности наземной и морской сейсморазведки сыграло внедрение сейсмоработажа, вертикального сейсмического профилирования (ВСП) и особенно поляризационного метода вертикального сейсмического профилирования (ПМ ВСП) как современной основы интерпретации данных многоволновой сейсморазведки.

Традиционно интерпретация данных наземных наблюдений сопровождается глубоким анализом имеющихся данных геофизических исследований в скважинах (ГИС) с составлением корреляционных схем по

оцифрованным каротажным диаграммам. При этом корреляционно прослеживаются наиболее характерные пачки на всех уровнях геологического разреза.

Использование такого комплекса позволяет строить геологически адекватные модели локальных перспективных объектов, структурно-тектонических элементов с определением их зональности по разным параметрам в условиях осадочных бассейнов разного генезиса – растяжения или тангенциального сжатия, т.е. транс-тенсии или транспрессии.

Именно подход к интерпретации накопленной геолого-геофизической информации по нефтегазоносным прови-

нциям Украины, в целом, и по Южному региону, в частности, с учетом перечисленных закономерностей позволили выделить в регионе Крымскую задуговую рифтовую систему (КЗРС) как наиболее перспективную на нефть и газ структуру в пределах суши, северо-западного шельфа Черного моря и юго-западного сектора Азовского моря (рис. 1). При этом, конечно, следует иметь в виду, что Черноморская задуговая рифтовая система (ЧЗРС), будучи генетически подобной КЗРС, обладает гораздо более высокими потенциальными ресурсами УВ.

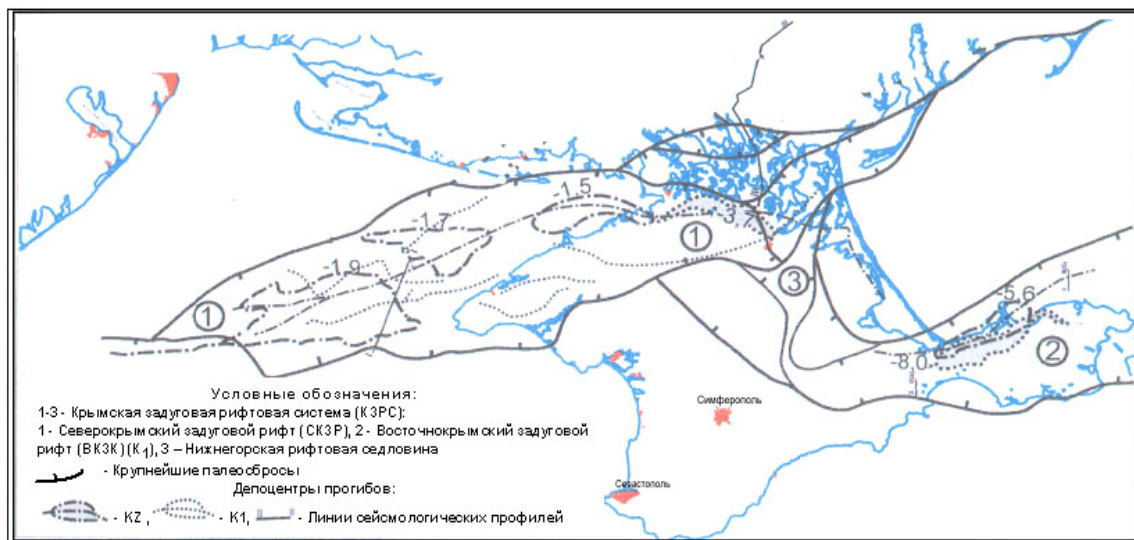


Рис. 1. Схема Крымской задуговой рифтовой системы (КЗРС)

КЗРС в Причерноморском регионе состоит из трех рифтогенных прогибов: Северокрымский и Восточнокрымский рифты имеют субширотное простирание, а в зоне их кулисообразного сочленения развита Нижнегорская рифтогенная седловина субмеридионального (ССЗ и ЮОВ) простирания. Грабены всех трех рифтогенных прогибов образованы встречнопадающей системой палеосбросов, наиболее крупноамплитудные из которых ограничивают зону развития синрифтовой части разреза (альб-сеноман) и частично переходного комплекса турон-коньяк-сантона. В высокоприподнятых бортах разрез меловых отложений представлен в основном дорифтогенным комплексом некома-апта и синеклизным комплексом кампан-маастрихта.

Задуговой рифтогенный магматизм андезитовой формации проявился в центральных грабенах Северокрымского и Восточнокрымского рифтов в виде палеовулканов, сохранявших свою активность иногда вплоть до кампанского века.

Центриклинальные окончания в районе кулисообразного сочленения как Северокрымского, так и Восточнокрымского рифтов проявляются далеко за пределами их кулисообразного сочленения. В случае Северокрымского рифта оно выражено как западная часть Североазовского прогиба, а в случае Восточнокрымского – как Белогорский и Альминский прогибы.

Общей северной границей КЗРС является Причерноморский палеосброс южного падения, южной границей – Южнобортовой и Сакский – северного падения.

На юге Нижнегорской седловины образовался своеобразный тектонический узел, в котором соприкасаются крупные тектонические блоки как Центральнокрымский, Среднеазовский и Качинский с Горнокрымской

складчато-надвиговой системой (ГКСНС). Этот тектонический узел может быть назван Белогорским.

Нерешенная проблема понимания геодинамической эволюции и тектоники Крыма. Зона сочленения указанных региональных тектонических элементов (Центральнокрымское поднятие как часть палеомикроконтинента Араттия, Среднеазовское поднятие как часть палеомикроконтинента Скифия, Качинский блок – как часть палеоостровной дуги Скифия, Горнокрымский палеотерреин как часть палеоостровной дуги Крыма – Теодосия – Анапия или Балаклавско-Анапская) является ключевой нерешенной проблемой для правильного понимания геодинамической эволюции и тектоники Крыма.

Изложение основного материала исследования.

За данными нашей переинтерпретации материалов ГИС и сейсморазведки в различных ее модификациях эта зона в позднем палеозое представляла собой клинообразный Зуйский выступ на краю палеомикроконтинента Араттия. Восточнее Зуйского выступа в позднем палеозое причленился палеомикроконтинент Скифия, а западнее причленилась одноименная палеоостровная дуга (Качинский блок, Каламитское поднятие, Северная Добруджа и др.) как составная часть более протяженной Скифской плиты. Скифская плита в позднем палеозое нарастила край палеомикроконтинента Араттия – составной части Евразии (Лавруссии). Тем самым общей транспрессией завершился палеозойский этап геодинамической эволюции данного региона. Севернее Скифской плиты сформировался Предскифийский краевой прогиб, наложенный на сохранившиеся фрагменты пассивной окраины Араттии как части Лавруссии. В современном структурном плане сохранились как фрагменты позднепалеозойского (Предскифийско-

го) краевого прогиба, так и фрагменты разновозрастного магматизма: рифтогенного базитового, позднепалеозойского активноокраинного гранитоидного.

От палеозойского этапа геодинамической эволюции в пределах отдельных тектонических зон или элементов в геологическом разрезе сохранились литодинамические комплексы венда-карбона, формировавшиеся на пассивной окраине палеоконтинента Лавруссия или палеомикроконтинента Араттия как части первого, а также литодинамические комплексы, в т.ч. угленосные, Предскифийского краевого прогиба позднекаменноугольно-пермско-раннетриасового возраста. Краевой прогиб наложен на палеозойскую пассивную окраину. Описанная последовательность геодинамических процессов отобразилась в осадочном чехле региона наличием пород рифтогенного магматизма, обусловленного раскрытием рифтогенных прогибов Палеотетиса, а также активноокраинного магматизма в пределах Скифской плиты, обусловленного надвиганием ее на край палеомикроконтинента Араттия.

Начиная со среднего триаса, в регионе преобладал геодинамический режим растяжения (транстензии) с формированием океана Мезотетис. Этому этапу геодинамической эволюции в описываемом регионе соответствует развитие внутриконтинентальной рифтовой системы среднетриас-нижнеюрского возраста. К этой системе относятся Каменский (Татарбунарский) рифт в Западном Причерноморье и Каркитско-Сивашский в Крымском регионе.

Данная внутриконтинентальная рифтовая система характерна рифтогенным базитовым магматизмом, выполнением рифтогенных грабенов синрифтовыми и синеклизными литодинамическими комплексами возрастом от среднего триаса до средней юры. В верхнеюрское время в полосе данной внутриконтинентальной рифтовой системы установился платформенный режим с накоплением пассивноокраинных карбонатных и карбонатно-терригенных комплексов верхней юры (келловей-оксфорда).

Южнее, по-видимому, уже располагался океан Мезотетис, островные дуги, террейны и микроконтиненты которого позднее причленились к краю раннемезозойской Евразии.

Среднеюрским временем датируется начало закрытия океана Мезотетис, в ходе которого к окраине Евразии последовательно причленились палеоостровная дуга Крымия-Теодосия-Анапия (Балаклавско-Анапская), палеомикроконтиненты Мёзия и Дзирулия, притом кинематика их причленения существенно различалась. Если Мёзия причленилась, надвигаясь, как Скифская плита, на край раннемезозойской Евразии и формируя складчато-надвиговое сооружение Центральной Добруджи, а перед ним Преддобруджинский краевой прогиб, то Балаклавско-Анапская палеоостровная дуга и палеомикроконтинент Дзирулия причленились, поддвигаясь под край Евразии. При этом на окраине Евразии формировались активноокраинная вулканическая дуга, а на северной окраине Балаклавско-Анапской дуги – краевой прогиб, известный в Крыму под названием Битакский. Южнее Балаклавско-Анапской дуги формировался Предкрымский краевой прогиб (J_3-K_1), наложенный на северную окраину палеомикроконтинента Дзирулия.

Именно с геодинамическим этапом причленения палеотеррейна Крымия и палеомикроконтинента Дзирулия связано формирование в нижнемеловое время Крымской задуговой рифтовой системы (КЗРС) как следствие субдукции под край позднепалеозойской

Евразии океанической коры причленявшихся островной дуги Крымии и микроконтинента Дзирулия.

Подтверждением такой последовательности геодинамических процессов служит и наличие в пределах Центральнокрымского поднятия активноокраинного магматизма гранитоидного состава. Возраст гранитоидного магматизма – верхняя юра.

Наиболее важным для нефтегазовой геологии следствием причленения Крымии и Дзирулии поддвижением под Евразию является именно формирование упомянутой Крымской задуговой рифтовой системы (КЗРС) с широким проявлением магматизма в андезитовой формации. Пространственное положение палеовулканов четко фиксируется магниторазведкой и частично гравитразведкой, а внутреннее строение осадочной толщи, включая массивы палеовулканов, хорошо освещается сейсморазведкой МОГТ, особенно в сейсмостратиграфической интерпретации. Для изучения внутреннего строения домеловой толщи и земной коры в целом эффективно применение электроразведки ЗСБ и МТЗ в современных модификациях в комплексе с сейсморазведкой МОГТ с ее высокой разрешающей способностью в пределах осадочного чехла.

Такое видение структуры осадочного чехла мелового возраста хорошо согласуется и со структурой кайнозойских отложений. В зоне КЗРС в кайнозойское время формируется Причерноморская мегавпадина, наложенная на переходную зону между Балаклавско-Анапской палеоостровной дугой на юге и краем древней платформы, включая Скифскую плиту (убрать запятую) на севере.

Выводы. При структурных построениях и районировании КЗРС установлено прослеживание по разрезу и площади тектонических палеоразрывов разной кинематики, ограничивающих горстообразные, антитетические, грабенообразные и гомотетические блоки, а также их оконтуривание палеовулканами и туфогенно-осадочными шлейфами. Эти тектонические элементы являются следствием процессов рифтообразования по листрическому палеосбросам с элементами сдвиговой составляющей тектонических движений.

На более поздних этапах геодинамической эволюции в кайнозое, особенно в плиоцен-четвертичное время, по палеосбросам проявляются инверсионные тектонические подвижки взбросо-надвиговой кинематики и формируются складки тангенциального сжатия. Они, как правило, асимметричны, линейно группируются по зонам палеосбросов рифтовой системы, их крутые крылья рассечены взбросо-надвигами. Благодаря проявлению сдвиговой составляющей тектонических подвижек, даже в пределах одной структурной зоны складки, как правило, имеют кулисообразное сочленение. Расположение криптодиапировых, диапировых складок в глинистом разрезе, а также рифовых массивов в карбонатном или терригенно-карбонатном разрезе также подчинено описанной тектонической зональности рифтовой системы.

Перечень использованных источников

1. Герасимов М.Е., Бондарчук Г.К., Юдин В.В. [та и др.], (2008). Геодинамика и тектоническое районирование Азово-Черноморского региона. Симферополь, Арео, 115-151.
2. Gerasimov M.E., Bondarchuk G.K., Yudin V.V., et al., (2008). Geodynamics and tectonic zoning of Azov-Black sea region [Геодинамика и тектоническое районирование Азово-Черноморского региона]. *Simferopol, Ageo*, 115-151 (In Russian).
3. Герасимов М.Е., (1994). Глубинное строение и эволюция южной окраины Восточно-Европейской платформы по сейсмостратиграфическим данным в связи с нефтегазоносностью: диссертация. Москва, 275 с.
4. Gerasimov M.E., (1994). Deep-seated structure and evolution South margin East-European platform by seismostratigraphical data due prospects

of oil and gas: dissertation. [Glubinnoe stroenie i evolutsiya yuzhnoy okrainy Vostochno-Yevropeyskoy platformy po seysmostratygraficheskim dannym v svyazi s neftegazonosnostyu]. Moscow, 275 p.

3. Герасимов М.Е., Бондарчук Г.К., Білецький С.В. та ін., (2010). Нафтогазогеологічне районування Південного регіону України. Сімферополь, Арео, 33-44 (In Russian).

Gerasimov M.E., Bondarchuk G.K., Biletskyi S.V., et al., (2010). Oil and gas geological zoning of Ukrainian Southern region [Naftogazogeologichne rayonuvannya Pivdennoho regionu Ukrayiny]. Simferopol, Ageo, 33-44 (In Ukrainian).

4. Хаин В.Е., Ломизе М.Е., (1995). Геотектоника с основами геодинамики. М.: изд-во МГУ, 480 с.

Khain V.E. Lomize M.E., (1995). Geotectonics with basics of geodynamics [Geotektonika s osnovami geodinamiki]. Moscow: MGU, 480 p. (In Russian).

5. Хаин В.Е., (2001). Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 606 с.

Khain V.E., (2001). Tectonics of continents and oceans (year 2000) [Tektonika kontinentov i okeanov (god 2000)]. Moscow: Nauchnyi mir – Scientific world, 606 p. (In Russian).

6. Шейн В.С., (2006). Геология и нефтегазоносность России. Москва, ВНИГНИ, 775 с.

Shein V.S., (2006). Geology and prospects of oil and gas of the Russia [Geologiya i neftegazonosnost Rossii]. Moscow: VNI GNI, 775 p. (In Russian).

Надійшла до редколегії 23.04.14

M. Gerasimov, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Chief Geologist
"Crimgeofizika" Party, E-mail: ageocrimea@mail.ru
T. Halko, Dr. Sci. (Geol.), Head of
Ukrainian Scientific-Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGaz)
E-mail: gazrozrobka@gmail.com
N. Yevdoshchuk, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Department Head,
Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine
55-B, Olesia Honchara Str., Kyiv, MSP, 01601, Ukraine
E-mail: myevdoshchuk@rambler.ru
T. Driagina, Category 1 Geologist,
"Crimgeofizika" Party
E-mail: ageocrimea@mail.ru

GEODYNAMICAL EVOLUTION OF THE CRIMEAN BACK-ARC RIFT SYSTEM

Geological and geophysical data on the southern petroleum region provided a move from a paradigm of the geosynclines and fault-block tectonics of the Earth's crust and mantle to the paradigm of actualistic geodynamics, with supercontinents formation and breakup stages, including. A new paradigm made it possible to estimate the Crimean back-arc rift system in the southern region to be the most perspective on-land petroleum region within the north-western shelf of the Black Sea and the south-western sector of the Azov Sea. Tensional and compressional tectonic movements, mostly acting in opposite directions but making a strike-slip force prevalent, seriously affect all levels of the Earth's crust. The actualistic method applied to interpret subaerial surveillance data on digitized well log correlation diagrams allow for simulating local effective pays, structure and tectonics of genetically heterogeneous sedimentary basins. Crosscut and section studies of tectonic paleo-discontinuities that frame horst, antithetic, graben and homothetic blocks reveals strike-slip rifting which resulted in echelon folds. Cryptodiapir, diapir folds in the clay section and reef massifs in carbonate or terrigenous-carbonate sections also result from the tectonic zoning of the Crimean back-arc rift system.

Key words: back-arc rift system, geodynamic evolution, sedimentary basin, seismic profiling, paleoterrain.

М. Герасимов, д-р геол.-мінералог. наук, гол. геолог,
Тематична партія "Кримгеофізика", E-mail: ageocrimea@mail.ru
Т. Галко, д-р геол. наук, керівник
Центр проектування розробки газових і газоконденсатних родовищ УкрНДІГазу,
E-mail: gazrozrobka@gmail.com
М. Євдошук, д-р геол. наук, проф., зав. Відділу
Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олеся Гончара, 55-б, м. Київ, МСП, 01601 Україна
E-mail: myevdoshchuk@rambler.ru
Т. Дрягіна, геолог I кат.,
Тематична партія "Кримгеофізика", E-mail: ageocrimea@mail.ru

ГЕОДИНАМІЧНА ЕВОЛЮЦІЯ КРИМСЬКОЇ ЗАДУГОВОЇ РИФТОВОЇ СИСТЕМИ

Накопичений обсяг геолого-геофізичної інформації в Південному нафтогазоносному регіоні дозволяє обґрунтовано перейти від парадигми про геосинкліналі та розломно-блокову тектоніку земної кори та мантії до парадигми актуалістичної геодинаміки в поєднанні етапів формування і розпаду суперконтинентів в історії Землі. Нова парадигма дозволила виділити в Південному регіоні Кримську задугову рифтову систему як найбільш перспективну на нафту та газ структуру в межах суходолу, північно-західного шельфу Чорного моря та південно-західного сектору Азовського моря. Тектонічні рухи при розтязі та стисненні, з визначальною роллю зсувної складової, але в цілому протилежної направленості, мають принципово різні наслідки на всіх рівнях Земної кори. Використання актуалістичного методу при інтерпретації даних наземних спостережень з урахуванням кореляційних схем, побудованих за оцифрованими каротажними діаграмами, дозволяє за різними параметрами створювати відповідні геологічні моделі локальних перспективних об'єктів, структурно-тектонічних елементів для осадових басейнів різного генезису. Простеження в розрізі та за площею тектонічних палеорозривів, які обмежують горстоподібні, антитетичні, грабені та гомотетичні блоки, свідчать про процеси рифтоутворення з проявами зсувної складової тектонічних рухів, завдяки якій складки в межах однієї структурної зони мають кулісоподібне зчленування. Наявність криптодіапірових, діапірових складок у глинистому розрізі та рифових масивів у карбонатному чи теригенно-карбонатному розрізі також підпорядкована тектонічній зональності Кримської задугової рифтової системи.

Ключові слова: задугова рифтова система, геодинамічна еволюція, седиментаційний басейн, сейсмічне профілювання, палеотерейн.

УДК 553.981.04:(550.8:552.52(447))

С. Вакарчук, канд. геол. наук, зав. центру,
E-mail: vakarchuk@naukanaftogaz.kiev.ua, тел. +38(044)4957740
Т. Довжок, канд. геол.-мін. наук, перший заступник директора з наук. роботи,
E-mail: dovzhok@naukanaftogaz.kiev.ua, тел. +38(044)4957741
М. Харченко, канд. геол.-мін. наук, заступник зав. центру – зав. відділення,
E-mail: kharchenko@naukanaftogaz.kiev.ua, тел. +38(044)3917414
К. Філюшкін, зав. відділу,
E-mail: filyshkin@naukanaftogaz.kiev.ua, тел. +38(044)4957748
Дочірнє підприємство "Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості"
Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України"
м. Вишневе, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна, 08132

ПОТЕНЦІАЛ ГАЗУ НЕКОНВЕНЦІЙНОГО ТИПУ В СХІДНОМУ НАФТОГАЗОНОСНОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

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

Основні перспективи пошуків газу неконвенційного типу в Україні пов'язуються зі Східним нафтогазоносним регіоном. За результатами комплексних досліджень встановлено, що основні перспективи освоєння ресурсів нетрадиційного газу в межах Східного нафтогазоносного регіону слід пов'язувати із сланцевим газом, газом ущільнених піщано-алевролітових порід і газом ущільнених карбонатних порід. На основі визначених критеріїв встановлені основні стратиграфічні комплекси, в яких можна очікувати скопчення газу нетрадиційного типу. Для скопчень сланцевого газу виділено 11 найбільш перспективних стратиграфічних рівнів у верхньокам'яновугільних, середньокам'яновугільних, нижньокам'яновугільних і верхньодевонських відкладах. Для скопчень газу в ущільнених піщано-алевролітових породах виділено 9 найбільш перспективних стратиграфічних рівнів також у верхньокам'яновугільних, середньокам'яновугільних, нижньокам'яновугільних і верхньодевонських відкладах. Визначено 2 стратиграфічних рівня розповсюдження порід, перспективних на пошуки газу в ущільнених карбонатних породах: нижньотурнейські і нижньовізейські відклади. Для кожного типу неконвенційного газу для всіх перспективних стратиграфічних рівнів в межах Східного нафтогазоносного регіону виділені найбільш перспективні зони та ділянки. Загальні теоретично видобувні ресурси нетрадиційного газу Східного регіону оцінюються 19,5 трлн м³.

Ключові слова: газ нетрадиційних родовищ, сланцевий газ, газ ущільнених порід.

Постановка проблеми. Аналіз основних тенденцій розвитку світової нафтогазової промисловості свідчить, що подальше нарощування видобутку газу і нафти можливо лише за рахунок освоєння нетрадиційних ресурсів вуглеводнів. На сьогодні найбільших успіхів в цьому напрямку було досягнуто при освоєнні сланцевого газу та газу ущільнених порід [1, 2, 8]. У таких країнах, як Сполучені Штати Америки і Канада, промисловий комерційний видобуток неконвенційного газу триває вже понад 10-15 років [1]. Останніми роками найбільш активні роботи з освоєння нетрадиційних ресурсів газу також проводяться в Китайській Народній Республіці. Результати робіт в цих країнах свідчать, що ресурси сланцевого газу і газу ущільнених порід можуть в рази перевищувати ресурси газу традиційного типу [2, 5, 8]. Враховуючи цей факт для України розвиток робіт з оцінки, пошуку і розвідки скопчень неконвенційного газу у сланцевих утвореннях і ущільнених породах набуває першочергового значення. Аналіз геолого-геофізичних і геолого-промислових матеріалів свідчить, що в Україні одним із найбільш перспективних регіонів в плані пошуку газу неконвенційного типу є Східний нафтогазоносний регіон (Дніпровсько-Донецька западина – ДДЗ).

Аналіз виконаних досліджень. Найбільш повно проблема пошуку неконвенційного газу в Східному нафтогазоносному регіоні висвітлена в роботах спеціалістів Українського державного геологорозвідувального інституту (УкрДГРІ), Науково-дослідного інституту нафтогазової промисловості Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України" (ДП "Науканафтогаз"), Київського національного університету імені Тараса Шевченка [3, 5, 6, 7]. У цих роботах на основі аналізу геолого-геофізичних і геолого-промислових матеріалів, а також спеціальних лабораторних досліджень, було окреслено основні критерії оцінки перспектив газонасності і виділено окремі стратиграфічні комплекси і зони, перспективні на пошуку нетрадиційного газу в сланцевих утвореннях і ущільнених піщано-алевролітових породах. У той же час, комплексні роботи з вивчення і пошуку неконвенційного газу практично не проводились. Так, поза

увагою дослідників залишилися перспективи ущільнених карбонатних порід, з яких у Сполучених Штатах Америки видобувається понад 30% неконвенційного газу. Цілком актуальними і досі залишаються такі аспекти, як вдосконалення критеріїв прогнозу скопчень неконвенційного газу, встановлення закономірностей просторового та вікового поширення перспективних утворень і оцінка їх ресурсної бази.

Цілі статті. Головною метою даних досліджень є встановлення закономірностей часової і просторової локалізації перспективних на неконвенційних газ сланцевих і ущільнених (карбонатних та теригенних) утворень в межах Східного нафтогазоносного регіону на єдиній методичній основі та оцінка їх ресурсної бази.

Фактичний матеріал і методика проведення досліджень. Робота базується на результатах комплексних літолого-стратиграфічних, петрофізичних, геохімічних і піролітичних досліджень. У рамках роботи було проаналізовано геолого-геофізичні матеріали та результати лабораторних досліджень керна матеріалу з 1500 свердловин, які пробурені у різних структурно-тектонічних частинах регіону. Також були проаналізовані результати випробування ущільнених і сланцевих утворень у 350 свердловинах. З метою виділення у розрізі інтервалів залягання порід, перспективних на неконвенційний газ і оцінки їх промислових параметрів була виконана комплексна інтерпретація матеріалів ГДС 154 свердловин із застосуванням спеціалізованих закордонних та авторських методик.

При прогнозуванні просторового поширення порід, перспективних для пошуку сланцевого газу для окремих стратиграфічних комплексів були побудовані карти зведених прогнозних параметрів (літолого-фаціального складу, термальної зрілості порід, вмісту органічної речовини, петрофізичних властивостей порід). З метою уточнення катагенетичної зональності і характеру змін термальної зрілості порід за площею та розрізом у палеозойських відкладах було виконано комплексний аналіз наявного фактичного аналітичного матеріалу. Враховуючи наявність визначень катагенетичної зріло-

сті порід різними методами а також нерівномірність розподілу аналізів за площею і розрізом було розроблено [4] блок-схему процесу побудов карт поверхонь катагенезу на заданому рівні та карт рівня катагенезу на заданих глибинах (рис. 1).

Виділення перспективних утворень для пошуку нетрадиційного газу ґрунтувалось на критеріях, що були встановлені за результатами аналізу геолого-промислових даних по Північноамериканських басейнах: Барнетт, Вудфорд, Феєтвілл, Хейнзвіль, Ентрім, Марселлус, Нижній Гурон, Хорн-Рівер, Монті, Анадарко,

Грін-Рівер, Сан-Хуан, Апалацький, Пермський, Вал-Верде, Форт-Уорт, Західно-Канадський, Північно-Луїзіанський, Денвер, Піанс, Уїллістонський, Остін Чок Тренд, Іст Техас – Норт Луїзіана Солт, Ніобра, Денвер-Джулісберг та Форт-Уорт.

Основні результати дослідження. За результатами комплексних досліджень встановлено, що основні перспективи освоєння ресурсів нетрадиційного газу в межах Східного нафтогазоносного регіону слід пов'язувати з сланцевим газом, газом ущільнених піщано-алевролітових порід і газом ущільнених карбонатних порід.

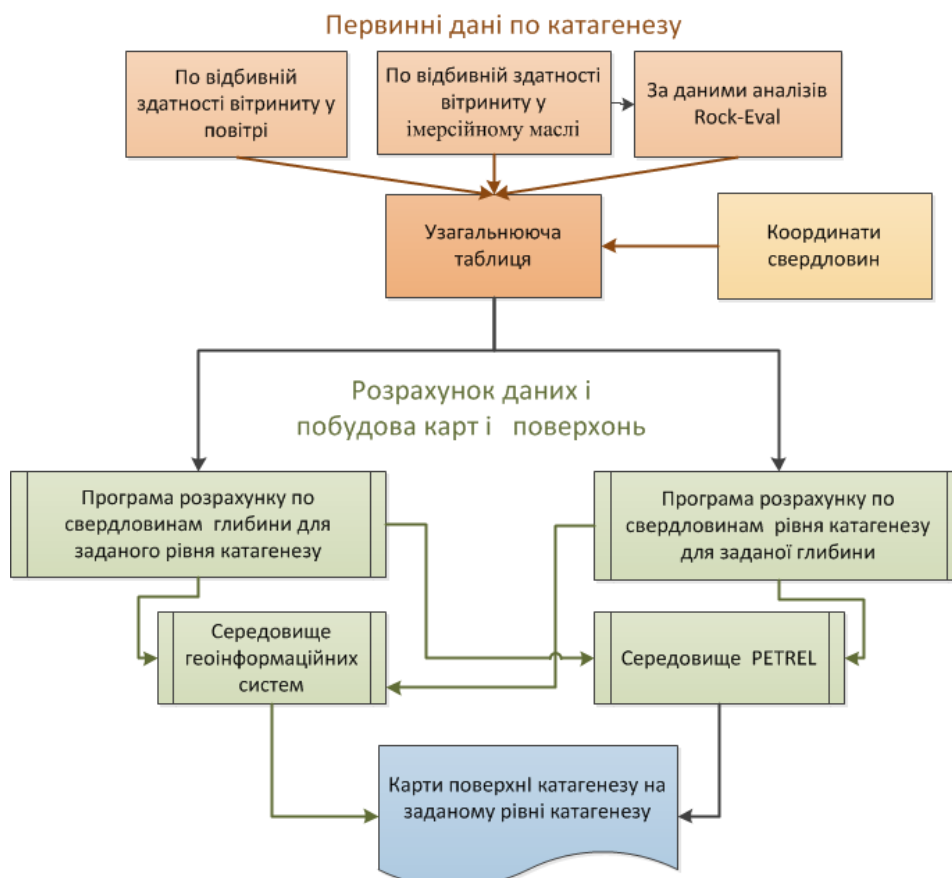


Рис. 1. Блок-схема процесу побудов карт поверхонь катагенезу на заданому рівні та карт рівня катагенезу на заданих глибинах

Перспективи пошуку скупчень сланцевого газу. Визначено основні критерії оцінки перспектив газонасності сланцевих порід:

- літологічний склад – осадові глинисті, алеврито-піщано-глинисті та карбонатно-глинисті утворення з вмістом органічної речовини (C_{org}) більше 1%;
- ступінь термальної зрілості порід: інтервал від кінця стадії $МК_2$ ($R_o - 0,80$) до середньої частини $АК_2$ ($R_o - 3,0$);
- пористість не менше 1,0%;
- проникність більше 0,001 мД;
- товщина перспективного горизонту не менш ніж 30 м;
- глибина залягання пластів до 4500 м.

Додатковими критеріями, які підвищують перспективність пошуків сланцевого газу, є однорідний літологічний склад порід; збільшення товщини і кількості пластів сланцевих порід, а також збільшення вмісту C_{org} ; помірний ступінь катагенезу порід (високоперспективна – середня частина стадії $МК_4$ – нижня частина стадії $МК_5$ ($R_o - 1,35-2,00$); низька та помірна інтенсивність розвитку розривних порушень.

На основі особливостей речовинного складу, його змін та враховуючі зазначені вище критерії визначено

11 найбільш перспективних стратиграфічних рівнів (рис. 2) розповсюдження порід, перспективних на сланцевий газ [3]:

- нижня частина гжельського ярусу верхньокам'яновугільного комплексу;
- середня частина касімовського ярусу верхньокам'яновугільного комплексу;
- середня частина московського ярусу середньокам'яновугільного комплексу;
- верхня частина верхньобашкирського під'ярусу середньокам'яновугільного комплексу;
- середня частина верхньобашкирського під'ярусу середньокам'яновугільного комплексу;
- нижня частина серпуховського ярусу нижньокам'яновугільного комплексу;
- верхня частина верхньовізейського під'ярусу (XI мікрофаунистичний горизонт – МФГ) нижньокам'яновугільного комплексу;
- середня та верхня частини XIIа МФГ (нижня частина верхньовізейського під'ярусу) нижньокам'яновугільного комплексу;
- базальні верстви XIIа МФГ (рудівські шари) нижньокам'яновугільного комплексу;

➤ нижня частина нижньовізейського під'ярусу нижньокам'яновугільного комплексу;

➤ нижня частина фаменського ярусу (верхня частина задонського та нижня частина елецького горизонтів) верхньодевонського комплексу.

За результатами аналізу геолого-геофізичних матеріалів для визначених комплексів закартовано границі перспективних територій. У верхньодевонському комплексі виділено три перспективних ділянки – південна та північна прибортові зони в межах крайової північно-західної частини ДДЗ і південна прибортова зона у межах південно-східної частини ДДЗ (на ділянці Зачепилівка-Перещепино). Перспективна територія по нижньокам'яновугільному комплексу охоплює центральні райони північно-західної та центральної частини ДДЗ, південну прибортову зону в межах південно-східної частини ДДЗ, південну частину центрального сегменту північного борту ДДЗ. Перспективна територія по середньокам'яновугільному комплексу охоплює центральні райони південно-східної частини ДДЗ. Перспективна територія по верхньокам'яновугільному комплексу охоплює центральні райони зони зчленування ДДЗ та Донецької складчастої споруди. Сумарна площа перспективної території по всіх чотирьох комплексах в межах Східного регіону складає 38,5 тис км².

Перспективи пошуку скупчень газу в ущільнених піщано-алевролітових породах. Визначено основні критерії оцінки перспектив газонасиченості ущільнених піщано-алевролітових порід:

- літологічний склад – осадові піщані, алевритисті або алеврито-піщанисті породи;
- залягання ущільнених піщано-алевролітових порід у парагенезисі з глинистими утвореннями, збагаченими органічною речовиною (C_{org} більше 1%);
- ступінь термальної зрілості порід: інтервал від кінця стадії МК₂ ($R_o = 0,80$) до середньої частини АК₁ ($R_o = 2,0$);
- пористість не менше 2,0%;
- проникність – не менше 0,009 мД;
- залягання порід в межах маловодної зони;
- товщина перспективного горизонту не менш ніж 40-50 м або групи пластів більше 20 м кожний;
- глибина залягання пластів до 4500 м.

Крім того, визначено додаткові критерії, які підвищують перспективність пошуків газу в ущільнених породах: однорідний літологічний склад порід; збільшення товщини і кількості пластів піщано-алевролітових порід; низька та помірна інтенсивність розвитку розривних порушень.

Проведені дослідження дозволили визначити 8 найбільш перспективних стратиграфічних рівнів (рис. 2) розповсюдження порід, перспективних на пошуки газу, в ущільнених піщано-алевролітових породах [3]:

- а) нижня частина касимовського ярусу верхньокам'яновугільного комплексу;
- б) нижня частина московського ярусу середньокам'яновугільного комплексу;
- в) середня і верхня частини верхньобашкирського під'ярусу середньокам'яновугільного комплексу;
- г) верхня частина серпуховського ярусу нижньокам'яновугільного комплексу;
- д) середня частина верхньовізейського під'ярусу (XII МФГ) нижньокам'яновугільного комплексу;
- е) верхня частина турнейського ярусу нижньокам'яновугільного комплексу;
- ж) верхня частина фаменського ярусу (озерсько-хованський горизонт) верхньодевонського комплексу;
- з) нижня частина фаменського ярусу (середня та верхня частини елецького горизонту) верхньодевонського комплексу.

Територіально найбільші перспективи пошуку газу в ущільнених піщано-алевролітових породах пов'язують-

ся з південно-східною, значно менше з центральною і ще менше з північно-західною частинами ДДЗ. Сумарна площа перспективної території по всіх чотирьох комплексах в межах Східного регіону складає 13,5 тис км².

Перспективи пошуку скупчень газу в ущільнених карбонатних породах. Визначено основні і додаткові критерії оцінки перспектив газонасиченості ущільнених карбонатних порід:

- літологічний склад – вапняки глинисті, чисті вапняки, глинисті доломіти і доломіти (найбільш перспективні – глинисті зернисті і детритові вапняки);
- залягання ущільнених карбонатних порід у парагенезисі з глинистими утвореннями, збагаченими органічною речовиною (C_{org} більше 1%, ступінь перспективності порід зростає з ростом вмісту C_{org});
- ступінь термальної зрілості порід: інтервал від кінця стадії МК₂ ($R_o = 0,80$) до кінця стадії АК₁ ($R_o = 2,5$), найбільш перспективні відклади із катагенезом в інтервалі середня частина стадії МК₄ – кінець стадії МК₅ ($R_o = 1,35-2,0$);
- пористість не менше 1,5%;
- проникність – не менше 0,009 мД;
- товщина перспективного горизонту не менш ніж 50 м; (ступінь перспективності порід зростає при збільшенні товщини перспективних відкладів);
- глибина залягання пластів до 4500 м;
- низька та помірна інтенсивність розвитку розривних порушень.

Визначено 2 стратиграфічні рівні (рис. 2) розповсюдження порід, перспективних на пошуки газу в ущільнених карбонатних породах. На основі зазначених критеріїв у межах Східного нафтогазоносного регіону України попередньо до перспективних відкладів для пошуку газу в ущільнених карбонатних породах можна віднести відклади нижньотурнейського під'ярусу в межах південної прибортової зони центральної та південно-східної частин ДДЗ і нижньовізейського під'ярусу нижньокам'яновугільного комплексу в межах облямування Срібненської депресії (північно-західна частина ДДЗ), в межах північної і південної прибортових зон центральної частини ДДЗ та в межах південної прибортової зони південно-східної частини ДДЗ. Сумарна площа перспективної території в межах Східного регіону складає 6,2 тис км².

Проведені дослідження дозволили не тільки виділити перспективні стратиграфічні рівні для пошуку неконвенційного газу та ділянки його локалізації, але і оцінити ресурсну базу. Загальні ресурси складаються з двох частин: вільного і сорбованого газу. В ущільнених піщано-алевролітових та карбонатних породах проведена кількісна оцінка ресурсів вільного газу. Для перспективних сланцевих відкладів крім вільного газу проведено підрахунок також і сорбованого газу.

Підрахунок вільного газу виконувався об'ємним методом за формулою [6]:

$$V_{\text{геол}} = F \times h \times K_n \times K_r \times f \times K_p,$$

де $V_{\text{геол}}$ – геологічні ресурси газу; F – площа підрахованої ділянки; h – ефективна товщина; K_n – коефіцієнт пористості; K_r – коефіцієнт газонасиченості; f – поправка на температуру для приведення об'єму газу до об'єму за стандартної температури; K_p – поправка на тиск для приведення об'єму газу до об'єму за стандартного тиску.

Для кількісної оцінки ресурсів сорбованого газу сланцевих відкладів проведено аналіз даних з басейнів Північної Америки. Встановлено, що можлива кількість сорбованого газу в породі описується формулою Ленгмюра [4, 9] і за певного вмісту C_{org} та температури змінюється залежно від тиску. Для різного вмісту C_{org} ця залежність має різні значення газонасиченості (рис. 3).

Еон	Ера	Система	Відділ	Ярус	Під'ярус	МФГ	Літологія	Макс. товщини, м	Основні стратиграфічні рівні розповсюдження сланцевих порід	Основні стратиграфічні рівні розповсюдження ущільнених піщано-алевролітових порід	Основні стратиграфічні рівні розповсюдження ущільнених карбонатних порід					
ФАНЕРОЗОЙ	ПАЛЕОЗОЙСЬКА	Пермська	Нижній	Сакмарський				До 700 м								
				Асельський			До 800 м									
			Верхній	Гжельський			До 1200 м									
				Касимовський			До 1500 м									
			Кам'яновугільна	Середній	Московський		До 2000 м									
					Башкирський		До 2000 м									
				Нижній	Серпуховський		До 2000 м									
					Візейський		Верхній	XI					До 3000 м			
								XII								
					Нижній		XIII									
		XIV														
		Турнейський		XV	До 1000 м											
		Девонська	Верхній	Фаменський	Верхній	Xva		До 4000 м								
								Нижній				До 4800 м				
			Франський		До 3200 м											
			Середній	Живетський		До 100 м										
				Ейфельський												
			ПРОТЕРОЗОЙ	РИФЕЙ	Венд					До 4-5 км (за сейсмічними даними)						

Рис. 2. Найбільш перспективні стратиграфічні рівні розповсюдження порід, перспективних на сланцевий газ, газ ущільнених піщано-алевролітових порід та газ ущільнених карбонатних породах (літолого-стратиграфічна основа за О. Ю. Лукіним)

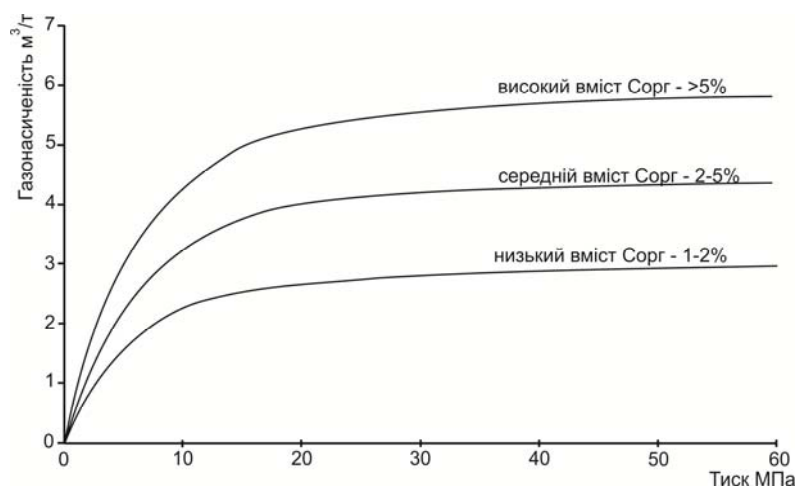


Рис. 3. Графік залежності Ленгмюра для сорбованого газу

Коефіцієнти вилучення прийняті 0,35 для вільного газу і 0,15 для сорбованого. Загальні теоретично видобувні ресурси нетрадиційного газу Східного регіону оцінені у кількості 19,5 трлн м³. Проте необхідно враховувати декілька факторів, що впливають на перспективи освоєння ресурсної бази неконвенційних вуглеводнів. По-перше, перспективні ділянки по різних стратиграфічних рівнях не завжди співпадають в плані (наприклад

відклади девону, середнього і верхнього карбону). По-друге, має місце з одного боку наявність збагачених ділянок (так звані "солодкі місця"), з іншого – розубожених. Крім того необхідно враховувати, що Україна достатньо густонаселена, що також впливає на проведення геологорозвідувальних робіт. Таким чином комерційні ресурси можуть бути в 2-3 рази менші у порівнянні із зазначеними вище теоретично видобувними.

Висновки. За результатами проведених досліджень у межах Східного нафтогазового регіону визначено 11 найбільш перспективних стратиграфічних рівнів розповсюдження порід, перспективних на сланцевий газ, 8 найбільш перспективних стратиграфічних рівнів розповсюдження порід, перспективних на пошуки газу в ущільнених піщано-алевролітових породах та 2 стратиграфічних рівня розповсюдження порід, перспективних на пошуки газу в ущільнених карбонатних породах. Сумарна площа перспективної території складає відповідно 38,5 тис км², 13,5 тис км² та 6,2 тис км². Загальні теоретично видобувні ресурси нетрадиційного газу Східного регіону оцінені у кількості 19,5 трлн м³. У подальшому по всіх виділених перспективних комплексах необхідно провести детальні дослідження з метою визначення найбільш перспективних ділянок для постановки геофізичних робіт і буріння параметричних свердловин. Першочерговими об'єктами для постановки таких робіт є відклади: нижньої частини серпуховського ярусу і базальні верстви XIIa МФГ (рудівські шари) нижньокам'яновугільного комплексу (сланцевий газ), нижньої частини московського ярусу і середньої та верхньої частини верхньобашкирського під'ярусу середньокам'яновугільного комплексу (газ в ущільнених піщано-алевролітових породах) та верхньої частини нижньовізейського під'ярусу нижньокам'яновугільного комплексу (газ в ущільнених карбонатних породах).

Список використаних джерел:

1. Ambrose W.A., Potter E.C., Briceno R., (2009). An "Unconventional" Future for Natural Gas in the United States. Thursday, February 12, 2009.
2. North American Shale Gas, Russia and Europe: An Unexpected Intersection, (2009). Presentation to the Northeast B. X. (Kenneth B Medlock III). *Natural Gas Summit* September 30, 2009.
3. Вакарчук С.Г., Довжок Т.Є., Філюшкін К.К., Вертюх А.М., (2011). Стратиграфічна приуроченість, літологічна характеристика та територіальна поширеність осадових відкладів палеозою, перспективних на

пошуки газу нетрадиційного типу у східному регіоні України. 36. наук. праць Інституту геологічних наук НАН України, 4, 33-37.

Vakarchuk S.G., Dovzhok T.E., Filyushkin K.K., Vertyukh A.M., (2011). Stratigraphic control, lithological characteristics and regional development of the Paleozoic sedimentary rocks prospective for unconventional gas in the East Ukraine region. *IGS NAS Ukraine Treatises*, 4, 33-37 (In Ukrainian).

4. Вакарчук С.Г., Зейкан О.Ю., Довжок Т.Є. та ін., (2013). Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга V. Перспективи освоєння ресурсів сланцевого газу та сланцевої нафти у Східному нафтогазовому регіоні України. Київ: ТОВ "ВТС ПРИНТ", 240 с.

Vakarchuk S.G., Zeikan O.J., Dovzhok T.E., et al., (2013). Unconventional hydrocarbon resources of Ukraine. Volume V. Development potential of shale gas and shale oil resources in Ukraine. Kyiv. TOV "VTS PRINT", 240 p. (In Ukrainian).

5. Гурский Д. С., Михайлов В. А., Чепиль П. М., Гулий В. Н., Гладун В. В., (2010). Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины. Минеральные ресурсы Украины, 3, 3-8 (In Russian).

Gurskiy D. S., Mikhaylov V. A., Chepil P. M., Guliy V. N., Gladun V. V., (2010). Shale gas and problems of Ukraine's energy supply. *Jour. Mineral Resources of Ukraine*, 3, 3-8.

6. Кабишев Б.П., Лоу Б.Е., Пригарина Т.М., Кабишев Ю.Б., (2000). Перспективность ДДЗ на нетрадиционный газ центральнобассейнового типа. Нафтова і газова промисловість, 2, 8-11.

Kabyshev B.P., Low B.E., Prygarina T.M., Kabyshev Yu.B., (2000). Basin-centered unconventional gas potential of the DDB. *Oil and Gas Industry*, 2, 8-11 (In Ukrainian).

7. Лукин А.Е., (2011). Перспективы сланцевой газоносности Днепровско-Донецкого авлакогена. Геол. журн., 1, 21-41.

Lukin A.E., (2011). Shale gas potential prospecting in the Dnieper-Donets aulacogene. *IGS Geol. Jour.*, 1, 21-41 (In Russian).

8. Лукин А.Е., (2010). Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США). Геол. журн., 3, 17-33.

Lukin A.E., (2010). Shale gas and its production perspectives in Ukraine. Paper 1. Shale gas problem status quo (in the light of its resources development in USA). *IGS Geol. Jour.*, 3, 17-33 (In Russian).

9. Методичні вказівки з оцінки ресурсів газу сланцевих товщ, затверджені наказом Державної комісії України по запасам корисних копалин № 625 від 29 грудня 2012 р.

Methodical guidelines to evaluate resources of shale gas formations approved by enactment № 625 of the State Commission of Ukraine on reserves of useful minerals of December 29, 2012. (In Ukrainian).

Надійшла до редколегії 22.05.14

S. Vakarchuk, Cand. Sci. (Geol.), Head of Centre,

E-mail: vakarchuk@naukanaftogaz.kiev.ua, phone +38(044)4957740

T. Dovzhok, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Research Department Deputy Director,

E-mail: dovzhok@naukanaftogaz.kiev.ua, phone +38(044)4957741

M. Kharchenko, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Deputy Head of Centre, Head of Division,

E-mail: kharchenko@naukanaftogaz.kiev.ua, phone +38(044)3917414

K. Filyushkin, Department Head, E-mail: filyushkin@naukanaftogaz.kiev.ua, phone +38(044)4957748

"Scientific-Research Institute of Oil and Gas Industry" Subsidiary Enterprise,

"Naftogaz of Ukraine" National Joint-Stock Company

Vyshneve, Kyiv-Svatoshyn Dist., Kyivska Oblast, Ukraine 08132

UNCONVENTIONAL GAS RESOURCES IN THE EASTEN PETROLEUM REGION OF UKRAINE

Unconventional gas prospects for Ukraine are mostly linked to the eastern petroleum region. The research into unconventional resources reveals shale gas, siltstone and sandstone tight gas, and carbonaceous shale gas to be most perspective in the region. Based on the criteria laid down, there were determined main stratigraphic sequences prospective to accumulate unconventional gas.

Eleven most productive shale gas strata are indentified for the Upper, Middle and Lower Carboniferous as well as for the Upper Devonian sedimentary rocks. Nine strata in the same series were recognized to be most effective for tight gas accumulations in clastic rocks.

The Lower Tournaisian and Lower Visean strata are perspective to accumulate gas in the massive carbonate rocks. There have been determined most perspective exploration plays and areas within the Eastern petroleum region for each type of unconventional gas. Preliminary estimated recoverable resources of unconventional gas in the Eastern petroleum region total 19.5 bln m³.

Key words: unconventional gas, shale gas, tight gas.

C. Вакарчук, канд. геол. наук, зав. центром,
vakarchuk@naukanaftogaz.kiev.ua, Тел. +38(044)4957740

Т. Довжок, канд. геол.-мин. наук, первый зам. директора по науч. работе,
dovzhok@naukanaftogaz.kiev.ua, Тел. +38(044)4957741

М. Харченко, канд. геол.-мин. наук, зам. зав. центра – зав. отделением,
kharchenko@naukanaftogaz.kiev.ua, Тел. +38(044)3917414

К. Філюшкін, зав. отделом, filyushkin@naukanaftogaz.kiev.ua, Тел. +38(044)4957748

Дочернее предприятие "Научно-исследовательский институт нефтегазовой промышленности" Национальной акционерной компании "Нефтегаз Украины"
г. Вишневое, Киево-Святошинский р-н, Киевская обл., Украина, 08132

ПОТЕНЦИАЛ ГАЗА НЕКОНВЕНЦИОННОГО ТИПА В ВОСТОЧНОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ РЕГИОНЕ УКРАИНЫ

Основные перспективы поисков газа неконвенционного типа в Украине связаны с Восточным нефтегазовым регионом. По результатам комплексных исследований установлено, что основные перспективы освоения ресурсов нетрадиционного газа в пределах Восточного нефтегазового региона следует связывать со сланцевым газом, газом уплотненных песчано-алевролитовых пород и газом уплотненных карбонатных пород. На основе определенных критериев установлены основные стратиграфические комплексы, в которых можно ожидать скопления газа нетрадиционного типа. Для скоплений сланцевого газа выделено 11 наиболее перспективных стратиграфических уровней в верхнекаменноугольных, среднекаменноугольных, нижнекаменноугольных и верхнедевонских отложениях. Для скоплений газа в уплотненных песчано-алевролитовых породах выделено 9 наиболее перспективных стратиграфических уровней также в верхнекаменноугольных, среднекаменноугольных, нижнекаменноугольных и верхнедевонских отложениях. Определены 2 стратиграфических уровня распространения пород, перспективных на поиски газа в уплотненных карбонатных породах: нижнетурнейские и нижневизейские отложения. Для каждого типа неконвенционного газа для всех перспективных стратиграфических уровней в пределах Восточного нефтегазового региона выделены наиболее перспективные зоны и участки. Общие теоретически извлекаемые ресурсы нетрадиционного газа Восточного региона оцениваются в 19,5 трлн м³.

Ключевые слова: газ нетрадиционных месторождений, сланцевый газ, газ уплотненных пород.

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.444 : 556.3 (477.81)

А. Бровко, асп., E-mail: nastia.brovko@gmail.com
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

**ОЦІНКА ВПЛИВУ КОЕФІЦІЄНТІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ВОДОНОСНИХ КОМПЛЕКСІВ
У ЧЕТВЕРТИННИХ ТА ВЕРХНЬОКРЕЙДОВИХ ВІДКЛАДАХ
НА ШВИДКІСТЬ РОЗЧИНЕННЯ КАРБОНАТНИХ ПОРІД НА ТЕРИТОРІЇ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС**

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

Метою дослідження є оцінка впливу величини коефіцієнтів фільтрації на розвиток карстових процесів та виявлення кореляційних зв'язків між величинами коефіцієнтів фільтрації та вмістом іонів Ca^{2+} у підземних водах. У роботі застосовувались систематичні та статистичні методи, а також метод геоінформаційного підходу та порівняльного аналізу.

У результаті дослідження виявлено наявність кореляційного зв'язку між кількостями вільних іонів кальцію у підземних водах водоносних комплексів у четвертинних та верхньокрейдових відкладах та величинами коефіцієнтів фільтрації підземних вод. Для водоносного комплексу у четвертинних відкладах встановлено наявність прямого кореляційного зв'язку між кількостями іонів кальцію та величинами коефіцієнтів фільтрації в природних умовах та оберненого зв'язку в умовах антропогенного навантаження. Для водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах встановлено наявність оберненого зв'язку як в природних умовах, так і в умовах антропогенного навантаження.

Для досліджуваної території вперше: 1) застосовано метод геоінформаційного підходу для визначення величин коефіцієнтів фільтрації у точках, які відповідають сучасній спостережній мережі, але станом на минулий період; 2) застосовано метод непараметричної кореляції, ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена, для виявлення кореляційного зв'язку між величинами коефіцієнтів фільтрації підземних вод та кількостями вільних іонів кальцію в підземних водах; 3) проведено порівняльний аналіз отриманих результатів для природних умов та при антропогенному навантаженні.

Виявлено наявність оберненого кореляційного зв'язку між кількостями іонів кальцію в підземних водах та величинами їх коефіцієнтів фільтрації, а отже, і швидкості розчинення карбонатних порід від величин коефіцієнтів фільтрації. Виявлення такої залежності є важливим при експлуатації водоносних комплексів, вивченні антропогенного впливу на гідрогеохімічну складову від роботи техногенних об'єктів та проектуванні різної складності споруд.

Ключові слова: підземні води, коефіцієнт фільтрації, Рівненська АЕС.

Вступ. На території Рівненської АЕС (РАЕС) антропогенний вплив на гідрогеохімічну складову навколишнього середовища проявляється через активізацію карстових процесів. Головним чином, розвиток цього процесу є природним, але він істотно підсилюється експлуатацією водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах, представлених карбонатними породами, чи суміжного з ним водоносного комплексу у четвертинних відкладах. Динамічніше процес карстоутворення відбувається на ділянках з розвитком тріщинних систем і порушенням монолітності карбонатних порід. Вважається, що інтенсифікація карстоутворення в тріщинуватому середовищі пов'язана зі змінами геофільтраційних параметрів у водоносних комплексах та порушенням ламінарного потоку підземних вод, розширенням вже існуючих та утворенням нових систем тріщин та карстових порожнин.

Постановка проблеми дослідження. Серед геологічних процесів, які мають місце на території впливу РАЕС, процес карстоутворення є одним з найнебезпечніших. До початку спорудження інфраструктури атомної електростанції він розвивався в природних умовах, і найбільш активний період карстоутворення припав на 80-90-ті роки минулого століття. Тоді він супроводжувався утворенням великої кількості карстових западин та воронок різних розмірів і форми [1]. Саме це спричинило необхідність створення стаціонарної системи спостережень, де з 1985 р. проводяться моніторингові дослідження.

Постійне довивчення процесу карстоутворення на території впливу Рівненської АЕС є одним з головних інженерно-геологічних завдань на сьогодні. Така споруда як АЕС з допоміжними будівлями і гідротехнічними спорудами справляють значний антропогенний вплив на навколишнє середовище, зокрема на його гідрогеологічну складову.

Стан гідрогеологічної системи характеризується геофільтраційними параметрами водоносних комплексів та тіснотою зв'язків між ними. Одним з головних параметрів, які дають уявлення про геофільтраційний стан системи, є коефіцієнт фільтрації – показник, який ха-

актеризує швидкість руху підземних вод у водовмісних породах. Саме від величини коефіцієнтів фільтрації залежить те, як водоносні горизонти і комплекси взаємодіють між собою.

Метою дослідження є:

1) оцінка впливу величини коефіцієнтів фільтрації на розвиток карстових процесів;

2) виявлення кореляційних зв'язків між величинами коефіцієнтів фільтрації та вмістом іонів Ca^{2+} у підземних водах.

У роботі використано:

1) дані спеціалізованої гідрогеологічної та інженерно-геологічної зйомки масштабом 1:50 000, проведеної 1972 р на території досліджень;

2) дані моніторингових досліджень, проведені Рівненською геологічною експедицією ПДРГП "Північгеологія" [1, 8].

Методика досліджень. Зважаючи на те, що територія Рівненської АЕС піддається постійному антропогенному впливу, який накладається на природні процеси у гідрогеологічному середовищі, необхідним є вивчення геофільтраційних параметрів та проведення оцінки їх впливу на розвиток карстових процесів. Геофільтраційні властивості водоносних комплексів можуть бути охарактеризовані через коефіцієнти фільтрації підземних вод. З огляду на те, що між водоносними комплексами існує постійний водообмін, оцінка впливу коефіцієнтів фільтрації на кількість іонів Ca^{2+} в підземних водах проводиться для водоносних комплексів у четвертинних та верхньокрейдових відкладах станом на 1972 та 2012 роки. Водоносні породи четвертинного віку представлені пісками, супісками та суглинками гляціального та флювіогляціального генезису, верхньокрейдового – потужною осадовою товщею крейдово-мергельних порід.

Оскільки, точки визначення коефіцієнтів фільтрації та кількості іонів Ca^{2+} в підземних водах станом на 1972 та 2012 роки просторово не співпадають між собою, значення в існуючих на 2012 р. точках спостережень (свердловинах) станом на 1972 р. визначались за до-

помогою геоінформаційних систем по свердловинах, які на теперішній час вже не існують. Для цього використано програмний продукт MapInfo 7.5, у середовищі якого було створено відповідні атрибутивні таблиці. Пошук невідомих значень у заданих точках виконано шляхом апроксимації. Було використано метод 3ЗВ (зворотніх зважених відстаней), суть якого полягає у тому, що зважування точок відбувається таким чином, що вплив відомого значення точки зменшується зі збільшенням відстані до невідомої точки, значення якої необхідно визначити. Зважувана величина присвоюється точкам збору даних на основі коефіцієнта зважування, який і контролює те, як вплив точки буде зменшуватись зі збільшенням відстані до неї [5].

З огляду на те, що отримані таким чином вибірки значень коефіцієнтів фільтрації та кількості іонів Ca^{2+} в підземних водах не підпорядковуються нормальному та логнормальному законам розподілу, виявлення кореляційних зв'язків проведено із застосуванням рангового коефіцієнту кореляції Спірмена, який використовується для виявлення значущості зв'язку між явищами і виражає ступінь залежності між двома наборами рангів. Суть полягає в тому, що кожен набір даних розбивається на ранги, а потім знаходиться величина подібності між ними. Спостереженням зі зв'язними рангами присвоюють усереднені значення тих рангів, які можна було б приписати цим спостереженням тоді, коли вони не були б зв'язними. Область зміни коефіцієнта знаходиться в межах від -1 (повний обернений зв'язок) до 1 (повний прямий зв'язок). Рівність коефіцієнта рангової кореляції нулю означає, що множини рангів незалежні одна від одної. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена розраховують за формулою [4]:

$$r_s = 1 - 6 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}, \quad (1)$$

де $\sum d_i^2$ - сума квадратів різниць рангів, n - кількість парних спостережень.

Оцінка впливу величини коефіцієнта фільтрації на кількість іонів Ca^{2+} в підземних водах.

Дослідження проводились для водоносних комплексів у четвертинних та верхньокрейдових відкладах. Для

водоносного комплексу у четвертинних відкладах у 1972 р до обробки було включено дані 103 пробних відкачувань зі свердловин та результатів хімічних аналізів. Для розрахунків у 2012 р було використано дані по 89 свердловинах. Для водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах спостережна мережа у 1972 р і на сьогодні є значно меншою. Тут станом на 1972 та 2012 рр розрахунки проводились для 22 свердловин. Схема розташування сучасної спостережної мережі на території РАЕС зображена на оглядовій карті-схемі (рис. 1). Результати досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Розраховані коефіцієнти кореляції Спірмена між кількостями іонів Ca^{2+} у підземних водах та коефіцієнтами фільтрації

Водоносний комплекс	Коефіцієнт кореляції Спірмена, r_s	
	1972 рік	2012 рік
Водоносний комплекс у четвертинних відкладах	0,97	-0,31
Водоносний комплекс у верхньокрейдових відкладах	-0,69	-0,49

Застосування непараметричного коефіцієнту кореляції Спірмена дало змогу встановити наявність статистично значимих зв'язків між коефіцієнтами фільтрації водоносних комплексів та кількостями вільних іонів Ca^{2+} у підземних водах (табл. 1). Станом на 1972 р (період, коли території досліджень знаходилась в природних умовах) для водоносного комплексу у четвертинних відкладах коефіцієнт рангової кореляції Спірмена між величинами коефіцієнтів фільтрації і кількостями Ca^{2+} у підземних водах становить 0,97, тобто існує фактично повний прямий зв'язок. Для цього ж водоносного комплексу у 2012 р коефіцієнт рангової кореляції Спірмена становить -0,31, що свідчить про наявність оберненого зв'язку. Для водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах станом на 1972 р наявний обернений зв'язок, коефіцієнт кореляції дорівнює -0,69, станом на 2012 рік - -0,49. Усі коефіцієнти кореляції є статистично значимими і приймаються з довірчою ймовірністю 99%.

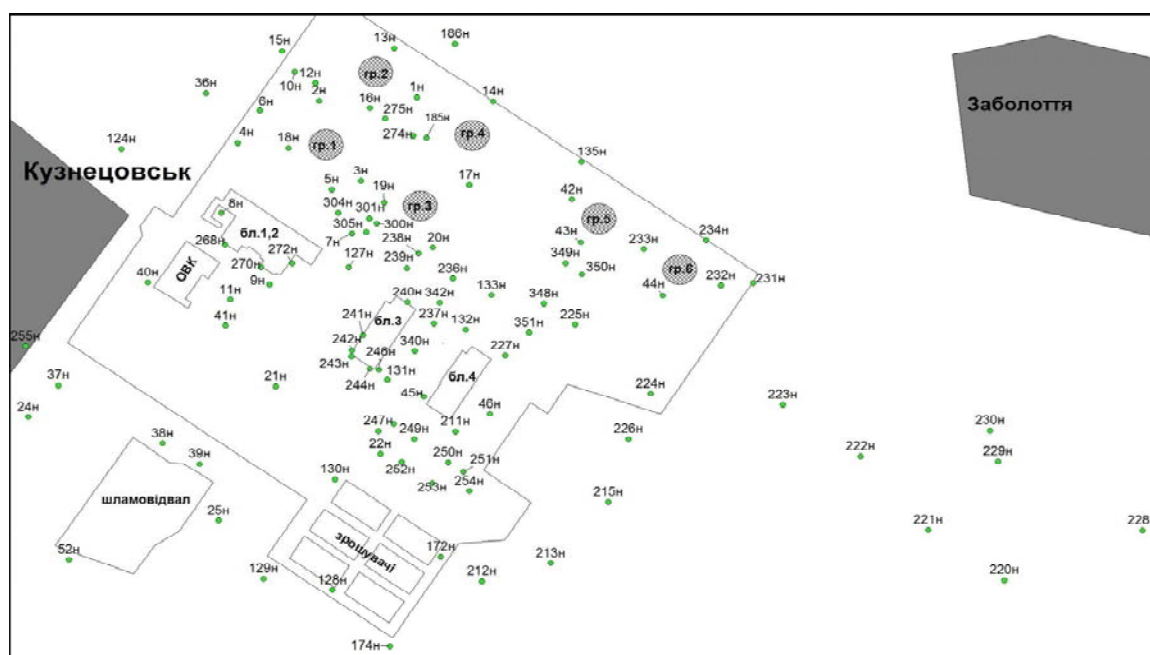


Рис. 1. Карта-схема розташування гідрогеологічних свердловин на території Рівненської АЕС

На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

1. Наявність фактично повного прямого кореляційного зв'язку між вмістом кальцію в підземних водах і величиною коефіцієнта фільтрації для водоносного комплексу у четвертинних відкладах у 1972 р пояснюється поширеністю Са в літосфері і складом четвертинних відкладів. Його вагове кларкове значення в земній корі становить 3,25, а об'ємний відсоток атомів Са в літосфері – 1,48. Його перевищують лише об'ємні значення О (91,77%), К (2,14%), Na (1,6%) [3]. Надійним постачальником Са в ґрунтові води є кальцієвмісні гумінові кислоти. Також кальцій виконує роль скелета між окремими частинками ґрунту [6]. При інфільтрації атмосферних опадів іони кальцію вимиваються з ґрунту, величини коефіцієнтів фільтрації збільшуються, що сприяє вилученню більшої кількості вільних іонів Ca^{2+} з ґрунтово-рослинного та гумусового шарів.

2. Зміна обстановки у водоносному комплексі в четвертинних відкладах на протилежну, як показали дослідження у 2012 р, може відбуватись внаслідок значного і тривалого антропогенного впливу на територію досліджень, зокрема і на її гідрогеохімічну складову. Територія, на якій відбуваються природні процеси гумусоутворення, значно зменшена за рахунок заасфальтованості і забудови території. Це призводить до зменшення кількості гумінових кислот у ґрунтово-рослинному шарі, відповідно і до зменшення кількості кальцію в ґрунті. Значно скорочена площа інфільтрації атмосферних опадів і нерівномірно розподілена їх швидкість по площі. Збільшення швидкості фільтрації сприяє швидшому вимиванню кальцію з ґрунту в умовах несприятливих для його накопичення. Саме цим можна пояснити наявність оберненого зв'язку між швидкістю фільтрації та кількістю іонів Ca^{2+} в ґрунтових водах.

3. Для водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах у 1972 і 2012 роках спостерігається обернена залежність між швидкістю фільтрації та вмістом кальцію в підземних водах. У такому випадку можна припустити, що вільний кальцій, який знаходиться в ґрунтових водах, не досягає водоносного комплексу у верхньокрейдових відкладах і акумулюється шаруватою товщею четвертинних відкладів – пісків, супісків і суглинків. В такому разі води комплексу у верхньокрейдових відкладах насичуються іонами Ca^{2+} , перебуваючи у постійній взаємодії з водовмісними мергельно-крейдовими породами. Тобто, чим меншими є коефіцієнти фільтрації, тим довше ця взаємодія відбувається і підземні води насичуються вільними іонами Ca^{2+} до досягнення карбонатної рівноваги в розчині [2]. У ряді випадків, коли в окремій зоні техногенного впливу на водоносний комплекс відбувається техногенне навантаження, і води стають агресивнішими, іони кальцію переходять в розчин інтенсивніше і карбонатні породи починають розчинятись швидше.

Список використаних джерел

- Бровко Г.І., (2012). Мониторинг динамики гидросферы в районе ВП РАЕС с учетом эксплуатации водозабора и их влияния на режим подземных вод промзона (Звіт про виконання гідрогеологічних досліджень за договором №22в-12 від 04.05.2012 р.). Р.: Волинська гідрогеологічна партія, 41 с.
- Бровко Г.І., (2012). Hydrosphere dynamic monitoring on the territory of VE RNP including the water intakes exploitation and its influence on the shaft groundwater regime (Report on the implementation of hydrogeology researches by covenant №22в-12 from 04.05.2012) [Monitoryng dynamiky gidrosfery v rayoni VP RAES z vrakhuyvanniam ekspluatatsii vodozaboriv ta yikh vplyvu na regym pidzemnykh vod prommaydanchyka (Zvit pro vykonannya gidrogeologichnykh doslidzhen za dogovorom №22v-12 vid 04.05.2012 r.)] Rivne: Volin hydrogeology group – Volynska gidrogeologichna partiia, 41 p. (In Ukrainian).
- Бровко А.С., (2014). Оцінка впливу карбонатної агресивності підземних вод на розвиток карстових процесів на території Рівненської АЕС. Сб. науч. трудов SWorld. Иваново : Маркова АД, 32, 1. 35-43.
- Бровко А.С., (2014). The Assessment of calcium carbonate groundwater aggression on the area of Rivne NPP influence [Otsinka vplyvu karbonatnoyi agresyvnosti pidzemnykh vod na rozvytok karstovykh protsesiv na terytoriyi Rivnenskoï AES]. Collection of Scientific Papers SWorld – Sbornik nauchnykh trudov SWorld. Ivanovo : Markova AD, – 32, 1, 35-43 (In Ukrainian).
- Гаврусевич Б.А., (1968). Основы общей геохимии. М.: Недра. 327 с.
- Гаврусевич Б.А., (1968). Fundamentals of General Chemistry [Osnovy obschey geokhimii]. Moscow: Nedra, 327 p. (In Russian).
- Davis J.C., (2002). Statistics and Data Analyses in Geology. USA, John Wiley and Sons, 620 p.
- Ішук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Е., (2003). Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навч. посібник / за ред. акад. Д.М. Гродзинського. К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 200 с.
- Ішук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Е., (2003). Spatial analyses and modeling in GIS [Prostorovyy analiz i modeliyuvannya v GIS]: Tutorial – Navchalnyy posibnyk / ed. by acad. D.M. Grodzynskiy. Kyiv, Publishing and printing center "University of Kiev" – Vydavnycho-poligrafichnyy tsentr "Kyivskyy universytet", 200 p. (In Ukrainian).
- Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А., (2004). Ґрунтознавство [Електрон. ресурс]: Підручник. Чернівці: Книги – XXI, 400 с. – Режим доступу до книги: http://geoknigi.com/book_view.php?id=703
- Nazarenko I.I., Polchyna S.M., Nikorych V.A., (2004). Pedology [Gruntoznavstvo] [Electronic sources]: Textbook – Pidruchyk. Chernivtsi: Books – XXI – Knygy – XXI, 400 p. – Mode of access to books – Regym dostupu do knygu: http://geoknigi.com/book_view.php?id=703 (In Ukrainian).
- Несенов Е.Н., Харечко В.А., Елисеева В.П., (1986). Отчет по изучению современных экзогенных геологических процессов на территории Волинской и Ровенской областей УССР за 1985-1986 гг., в 3 т. Ровно.
- Nesenov E.N., Harechko V.A., Eliseeva V.P., (1986). A report of modern external geological processes studding on the territory of Volyn and Rivne regions of USSR for 1985-1986 [Otchet po izucheniiy sovremennykh ekzogenykh geologicheskikh protsesov na teritorii Volynskoy i Rovenskoy oblastey USSR za 1985-1988 gg], in 3 v. Rovno. (In Russian).
- Саенко Д.А., (1972). Отчет о специализированной гидрогеологической и инженерно-геологической съемке для целей мелиорации, масштаб 1:50 000, на территории планшетов: М-35-16-Г (Ст.Рафаловка), М-35-28-Б (Рафаловка). (Волинская и Ровенская обл.), в 4 т. Киев.
- Saenko D.A., (1972). A report of specialized hydrogeological and engineering geological survey for reclamation, the scale 1 : 50 000, on the territory within M-35-16-Г (St.Rafalovka), M-35-28-Б (Rafalovka) mapboards. (Volyn and Rivne regions) [Otchet o spetsializirovanoi gidrogeologicheskoy i inzhenerno-geologicheskoy s'emke dla tseyel melioratsiy, mashtab 1:50 000, na teritorii planshetov M-35-16-Г (St.Rafalovka), M-35-28-Б (Rafalovka). (Volynskaia i Rovenskaia obl.), in 4 v. Kyiv. (In Russian).

Надійшла до редколегії 12.05.14

A. Brovko, Postgraduate Student E-mail: nastia.brovko@gmail.com
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

HYDRAULIC CONDUCTIVITY ESTIMATES FOR QUATERNARY AND UPPER CRETACEOUS WATER-BEARING COLLECTORS VS VELOCITY OF CARBONATE ROCK DISSOLUTION AT RIVNE NPP

The goal of the research is to estimate a hydraulic conductivity effect on karst processes and to identify correlations between the hydraulic conductivity values and Ca^{2+} content in groundwater based on systematic and statistical techniques, GIS methods, and comparative analysis.

There has been established a correlation between the values of free calcium ions in groundwater of the Quaternary and Upper Cretaceous aquifers and their hydraulic conductivity, with it being direct one in vivo and inverse one in artificial conditions for the Quaternary aquifers, with inverse one in vivo and direct one in artificial conditions for the Upper Cretaceous aquifers.

GIS method was employed to determine hydraulic conductivity at modern monitoring network observation posts as of the past. Non-parametric correlation method and Spearman rank coefficient were used to identify the correlation between hydraulic conductivity and the values of free calcium ions in groundwater. There was carried out a comparative analysis of the data obtained in the natural and artificial conditions.

Direct and inverse correlations being established for the Quaternary and Upper Cretaceous aquifers, it enhances exploitation of water bearing collectors, and facilitates understanding how artificial conditions affect hydrochemistry of the environment and engineering geology.

Key words: groundwater, hydraulic conductivity, Rivne NPP.

А. Бровко, асп., nastia.brovko@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ И ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА СКОРОСТЬ РАСТВОРЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД НА ТЕРРИТОРИИ РОВЕНСКОЙ АЭС

Целью исследования есть оценка влияния величины коэффициентов фильтрации на развитие карстовых процессов и нахождения корреляционной связи между величинами коэффициентов фильтрации и содержанием ионов Ca^{2+} в подземных водах. В работе применялись систематические и статистические методы, а также метод геоинформационного подхода и сравнительного анализа.

В результате исследования обнаружено наличие корреляционной связи между количествами свободных ионов кальция в подземных водах водоносных комплексов в четвертичных и верхнемеловых отложениях и величинами коэффициентов фильтрации подземных вод. Для водоносного комплекса в четвертичных отложениях установлено наличие прямой корреляционной связи между количествами ионов кальция и величинами коэффициентов фильтрации в природных условиях и обратной связи в условиях антропогенной нагрузки. Для водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях установлено наличие обратной связи как в природных условиях, так и в условиях антропогенной нагрузки.

Для территории исследования впервые: 1) применены метод геоинформационного подхода для определения величин коэффициентов фильтрации в точках, которые соответствуют современной наблюдательной сети, но по состоянию на прошедший период; 2) применен метод непараметрической корреляции, ранговый коэффициент корреляции Спирмена, для определения корреляционной связи между величинами коэффициентов фильтрации и количествами свободных ионов кальция в подземных водах; 3) проведен сравнительный анализ полученных результатов для природных условий и условий антропогенной нагрузки.

Выявлено наличие обратной корреляционной связи между количествами ионов кальция в подземных водах и величинами коэффициентов фильтрации, а следовательно, и скорости растворения карбонатных пород от величины коэффициентов фильтрации. Выявление такой зависимости есть важным при эксплуатации водоносных комплексов, изучении антропогенного влияния на гидрогеохимическую составляющую окружающей среды техногенных объектов и проектировании разной сложности сооружений.

Ключевые слова: подземные воды, коэффициент фильтрации, Ровенская АЭС.

УДК 550.4

С. Войтович, ст. лаб., E-mail: starostasvetik@mail.ru

кафедра фізики Землі, геологічний факультет,
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

ЧАСОВІ ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

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

Мета – виявити часові закономірності змін компонентного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району, простежити часові варіації показників та встановити чинники, що її зумовили. Методика: аналітична і статистична обробка всіх зібраних геохімічних даних по шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району. Побудова діаграм відбувалась за допомогою програми Statistica.

У результаті проведено аналіз динаміки змін компонентів хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. Встановлено наявність сезонних змін цих компонентів, а також встановлено, що природна група факторів є вирішальною у формуванні хімічного складу шахтних вод у переважній більшості випадків. Вперше встановлено особливості просторово – часових змін компонентів соляного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. Визначено пріоритетні фактори і закономірності формування хімічного складу шахтних вод. Проаналізовано природні та антропогенні фактори, що впливають на формування складу цих вод.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що результати досліджень можуть використовуватись для прогнозу змін стану довкілля під впливом шахтних вод, для вибору оптимального способу очищення цих вод, а також для можливого прогнозування екологічних наслідків в інших районах, з огляду на схожість, геологічних особливостей і відмінностей районів.

Ключові слова: шахтні води, хімічний склад, сезонні варіації, Червоноградський гірничопромисловий район.

Вступ та постановка проблеми. Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) є найбільшим вуглевидобувним комплексом Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. За останні 40–50 років екологічні умови даного району погіршилися. Некомплексне використання родовищ і формування великих обсягів відходів зумовили значне забруднення ґрунтів, гідросфери та атмосфери, призвели до утворення техногенних ландшафтів, а також сприяли активізації і розвитку небезпечних геологічних процесів [1]. Так, однією з основних екологічних проблем цього регіону є шахтні води, які є одним із основних джерел забруднення поверхневих і пов'язаних із ними підземних вод у Червоноградському гірничопромисловому районі.

За умов зростаючого негативного впливу на підземні і поверхневі води вивчення просторово-часових закономірностей змін компонентного складу шахтних вод, так само як і прогнозування таких змін становлять великий науковий і практичний інтерес. Вони необхідні для вирішення ряду теоретичних питань, пов'язаних з процесами міграції хімічних компонентів; прогнозу якості води в цьому басейні; оцінки ефективності водоохоронних заходів у басейні річки Західний Буг. Ці питання набувають особливої актуальності в умовах техногенезу.

Аналіз останніх досліджень та виділення частини проблеми, яка не була досліджена. До теперішнього часу об'єм інформації, присвяченої геохімії шахтних вод та часовим закономірностям змін компонентів складу цих вод не є значним. Аналіз літературних джерел показав, що велика увага приділяється питань по очищенню шахтних вод різними методами, з'ясуванню їх генези. Питання розвитку видобутку вугілля та його вплив на навколишнє природне середовище розглянуто у працях Н.А. Архипова, Е.А. Єльчанінова, Л.Д. Горбачова, В.І. Ніколіна, Є.С. Матлака, М.Є. Певзнера, А.А. Малишева, А.Д. Мелькова. Питання геохімії шахтних вод висвітлені в наукових публікаціях таких вчених, як Н.І. Кононенко, А.П. Ощепкова, Б.Б. Немковський, Л.О. Петрова, О.А. Улицький, В.Г. Суярко, Ю.А. Проскурня, О.А. Шевченко, Е.А. Тарасова, Н.Г. Матвеева та ін. Проблема прогнозування хімічного складу шахтних вод стала актуальною і почала вивчатися з 80-х років ХХ ст. Дослідженнями цієї проблеми займалися В.Ф. Макляк, П.В. Калигін, П.В. Білов, Е.А. Яковлев. Аналіз літературних джерел свідчить про обмеженість наукових публікацій з проблеми, що розглядається. Часові закономірності змін компонентного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

ну до останнього часу не вивчалися, що послужило підставою для їх дослідження.

Ціль даної статті полягає у виявленні часових закономірностей змін компонентного складу шахтної води, простеження часової варіації показників та встановлення чинників, що її зумовили.

Виклад основного матеріалу. Шахтні води, стікаючи по відпрацьованому простору, збагачуються розчинами мінерального і механічного походження та завислими речовинами. Це піщані і глинисті частинки, мінеральні вкращення вугілля (кварц, пірит, карбонати), інертний пил, розчинені у воді солі і кислоти, частинки вугілля (фюзиніт, вітриніт), мінеральні масла, нафтопродукти тощо. Наявність зазначених речовин у воді спричинює її заcalaмунчення, зумовлює забарвлення, запах, присмак, мінералізацію, кислотність і твердість. Шахтні води змінюють хімічний склад під час руху по гірських виробках [3].

Хімічний тип води визначають наявні в ній макрокомпоненти. Концентрації і можливість нагромадження в підземних водах макрокомпонентів визначаються геолого-гідрогеологічними умовами району і багато в чому

залежать від мінерального складу водовмісних порід. На формування хімічного складу шахтних вод впливають багато природних факторів, основними з яких є фізико-хімічна взаємодія води з вміщувачими породами різноманітного складу і структури при русі води від областей живлення до ділянок розвантаження або занурення водоносного горизонту. Великий вплив також надає склад води, що надходить у водоносний горизонт з різних джерел живлення: за рахунок просочування атмосферних опадів, розвантаження глибозалягаючих підземних вод, перетікання з інших водоносних горизонтів через слабопроникні шари і літологічні вікна, залучення річкового стоку, зрешувальних вод та ін. [2, 4].

У наших дослідженнях було проаналізовано вміст основних компонентів хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничо-промислового району в просторі і в часі в період з 2001 до 2012 рр. Для усіх компонентів і характеристик шахтних вод побудовано графіки значень показників у часі (рис. 1). Результати проведених досліджень будуть використані в подальшому для оцінки прогнозу зміни значень показників шахтних вод.

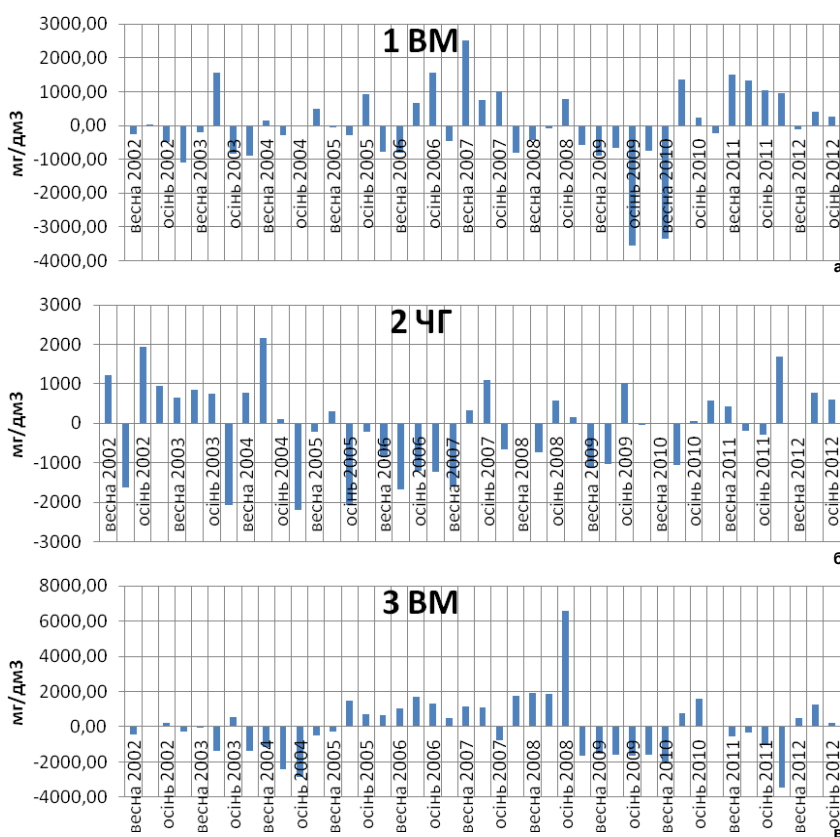


Рис. 1. Графіки відхилень показників мінералізації від середніх значень у шахтних водах Червоноградського гірничо-промислового району для: а – 2 ЧГ, б – 1 BM, в – 3 BM

Прозорість – це величина, яка позначає кількість зважених частинок та інших забруднювачів у шахтній воді. Прозорість обумовлена вмістом у них різноманітних пофарбованих і зважених органічних і мінеральних речовин [2]. Для усіх шахт значення прозорості змінюється від 0 до 18, а середні значення розподіляються таким чином: шахта Великомоствська (1 BM) – 7,57; шахта Червоноградська (2 ЧГ) – 14,98; шахта Межиричанська (3 BM) – 12,86; шахта Відродження (4 BM) – 14,52; шахта Лісова (6 BM) – 13,36; шахта Зарічна (7 BM) – 15,24; шахта Візейська (8 BM) – 15,51; шахта Надія (9 BM) – 10,4; шахта Степова (10 BM) – 11,73. Максимальні значення прозорості становлять 18 і спо-

стерігаються на усіх шахтах району. Прозорість води змінюється залежно від сезону: показники прозорості є максимальними в весняно-літній період, а мінімальними в зимово-осінній. Важливим чинником, що визначає прозорість води є біологічні процеси.

Окисність шахтних вод. Окисність – санітарний показник якості води, що відбиває вміст у ній органічних речовин, й виражається кількістю кисню в міліграмах, необхідною для їхнього окиснення. До процесів, що збагачують воду киснем, варто віднести: процес абсорбції кисню з атмосфери в поверхневі води; виділення кисню рослинністю в процесі фотосинтезу; надходження у води з дощовими і сніговими водами, що звичайно

пересичені киснем [2]. А в подальшому – інфільтрація цих вод з просочуванням їх у підземні води. У шахтних водах вміст кисню варіює в широких межах – від 2 до 27,9 мг/дм³ і схильний до сезонних коливань. У шахтних водах найбільш високі концентрації спостерігаються у весняно-літній період, найбільш низькі – взимку і восени, коли в результаті утворення льодовикового покрову припиняється постачання кисню з атмосфери в поверхневі води. Збільшенню вмісту кисню у весняно-літній період зумовлене його надходження з дощовими і сніговими водами, що звичайно пересичені киснем. Максимальне значення показника окисності становить 27,9 мг/дм³ (9 BM), мінімальні значення – 1 BM, 2 ЧГ, 3 BM, 6 BM, 10 BM (2 мг/дм³).

Середні значення окисності розподіляються для шахт ЧГПР таким чином: для 1 BM – 4,68 мгО/дм³; для 2 ЧГ – 4,6 мгО/дм³; для 3 BM – 4,65 мгО/дм³; для 4 BM – 5,44 мгО/дм³; для 6 BM – 5,53 мгО/дм³; для 7 BM – 4,97 мгО/дм³; для 8 BM – 5,03 мгО/дм³; для 9 BM – 7,05 мгО/дм³; для 10 BM – 5,36 мгО/дм³.

pH – один із найважливіших показників якості вод, що визначає характер протікання хімічних і біохімічних процесів. Від рівня pH залежить сталість різноманітних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали і бетон [4]. Значення pH шахтних вод коливається в межах 2-9,1. Рівень pH води залежить від сезону: взимку і весною істотно зменшується, а влітку сягає максимальних значень. Середні значення pH для шахт ЧГПР змінюються в межах 7,35-7,99.

Зважені речовини. Зважені речовини, що присутні у шахтних водах, складаються з частинок глини, піску, мулу, суспендованих органічних і неорганічних речовин, планктону і інших організмів [5]. Встановлено, що вміст зважених речовин у шахтних водах ЧГПР змінюється в інтервалі 6,8-786,2 мг/дм³, максимум характерний для зимового періоду. Їхня концентрація пов'язана із сезонними факторами і з режимом стоку і залежить від танення снігу, кількості опадів (зростає внаслідок змиву з водозбору та зменшується внаслідок утворення органічних речовин), складу вміщуючих порід, а також від антропогенних факторів.

Середній вміст зважених речовин по шахтах становить: для 1 BM – 239,22 мг/дм³; для 2 ЧГ – 183,76 мг/дм³; для 3 BM – 108,87 мг/дм³; для 4 BM – 90,35 мг/дм³; для 6 BM – 117,29 мг/дм³; для 7 BM – 80,06 мг/дм³; для 8 BM – 84,16 мг/дм³; для 9 BM – 275,72 мг/дм³; для 10 BM – 126,07 мг/дм³.

Na⁺+K⁺. Максимальні концентрації натрію і калію (7380 мг/дм³) виявлені в літньо-осінній період, а мінімальні (886,26 г/дм³) – зимовий. Основним джерелом надходження натрію в шахтні води є осадові породи [4]. Але велике значення мають також біологічні процеси, в результаті яких утворюються розчинні сполуки натрію, і

активізація цих процесів відбувається саме у літньо-осінній період. Зі збільшенням загальної мінералізації вміст іонів натрію і калію зростає.

Середні значення вмісту Na+K- у шахтних водах для шахт ЧГПР розподіляються таким чином: для 1 BM – 1916,11 мг/дм³; для 2 ЧГ – 939,78 мг/дм³; для 3 BM – 1387,43 мг/дм³; для 4 BM – 1803,92 мг/дм³; для 6 BM – 2880,59 мг/дм³; для 7 BM – 2499,71 мг/дм³; для 8 BM – 1522,74 мг/дм³; для 9 BM – 889,26 мг/дм³; для 10 BM – 1437,42 мг/дм³.

Ca²⁺. Найбільш високі концентрації Ca²⁺ (до 667 мг/дм³) спостерігаються весною, а мінімальні (від 52,21 мг/дм³) – у літньо-осінній період. Підвищений вміст іонів кальцію навесні пов'язаний з легкістю вилугування розчинних солей кальцію з шару ґрунту і порід. Розчиненню сприяють мікробіологічні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються зменшенням pH [4] (відповідно, у нас зменшення показника pH фіксується саме у зимово-весняний період).

Зі збільшенням мінералізації води кількість кальцію зменшується внаслідок його поєднання в малорозчинні сульфати і карбонати. Відповідно, за нашими результатами досліджень, коли значення мінералізації є максимальними (літньо-осінній період), то концентрація кальцію є мінімальною, і навпаки.

Середній вміст Ca²⁺ у шахтних водах ЧГПР становить: для 1 BM – 249,77 мг/дм³; для 2 ЧГ – 55,21 мг/дм³; для 3 BM – 197,39 мг/дм³; для 4 BM – 199,22 мг/дм³; для 6 BM – 288,93 мг/дм³; для 7 BM – 221,89 мг/дм³; для 8 BM – 183,25 мг/дм³; для 9 BM – 88,26 мг/дм³; для 10 BM – 58,08 мг/дм³.

Mg²⁺. Магній у шахтні води надходить переважно завдяки процесам хімічного вивітрювання і розчинення доломітів, мергелів та інших мінералів [4] (саме такий присутній і в нашому геологічному розрізі). Вміст помітно коливається (8,5-373,3 г/дм³) впродовж року: максимальні концентрації спостерігаються в літньо-осінній період, мінімальні – в зимово-весняний.

Середній вміст Mg²⁺ для шахт ЧГПР розподіляється таким чином: для 1 BM – 79,07 мг/дм³; для 2 ЧГ – 55,02 мг/дм³; для 3 BM – 87,78 мг/дм³; для 4 BM – 77,56 мг/дм³; для 6 BM – 116,54 мг/дм³; для 7 BM – 100,78 мг/дм³; для 8 BM – 88,58 мг/дм³; для 9 BM – 64,55 мг/дм³; для 10 BM – 48,68 мг/дм³.

Cl⁻. Концентрація хлоридів впродовж року також не постійна (1019,6584-3837,18 г/дм³) і змінюється при варіаціях загальної мінералізації шахтних вод. Максимальні значення встановлені в літньо-осінній період, а мінімальні – в зимово-весняний. Значні кількості хлоридів надходять у воду внаслідок взаємодії атмосферних опадів із ґрунтами [4]. А на території ЧГПР 65% опадів припадає саме на літньо-осінній період (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість опадів в ЧГПР												
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К-сть опадів, мм.рт.ст	29	29	36	49	68	93	98	78	54	49	42	35

Середній вміст Cl⁻ у шахтних водах становить: для 1 BM – 2183,6 мг/дм³; для 2 ЧГ – 1048,5 мг/дм³; для 3 BM – 1415,67 мг/дм³; для 4 BM – 2604 мг/дм³; для 6 BM – 3837,18 мг/дм³; для 7 BM – 3533,78 мг/дм³; для 8 BM – 1828,33 мг/дм³; для 9 BM – 1019,65 мг/дм³; для 10 BM – 2015,38 мг/дм³.

HCO₃⁻. Навесні вміст гідрокарбонатів у шахтних водах знижується (близько 490,47 г/дм³), а восени досягає максимуму (до 852,43 г/дм³). Більша частина гідрокарбонатів надходить з атмосферними опадами і ґрунтовими водами. Деяка частина гідрокарбонатних іонів надходить внаслідок

процесів хімічного вивітрювання і розчинення карбонатних порід типу вапняків, мергелів, доломітів [2].

Середній вміст HCO₃⁻ у шахтних водах становить: для 1 BM – 704,17 мг/дм³; для 2 ЧГ – 852,43 мг/дм³; для 3 BM – 591,08 мг/дм³; для 4 BM – 490,47 мг/дм³; для 6 BM – 619,95 мг/дм³; для 7 BM – 555,53 мг/дм³; для 8 BM – 683,54 мг/дм³; для 9 BM – 506,13 мг/дм³; для 10 BM – 597,2 мг/дм³.

SO₄²⁻. Концентрація сульфатів у шахтних водах схильна до помітних сезонних коливань і варіює від 152,59 до 1536,84 г/дм³. Максимальні концентрації сульфатів

спостерігаються в осінньо-зимовий період, а мінімальні – влітку. Значні кількості сульфатів потрапляють у водойми у процесі відмирання організмів і окислення наземних і водних речовин рослинного і тваринного походження і з підземним стоком [4].

Середній вміст SO_4^{2-} у шахтних водах становить: для 1 BM – 1451,57 мг/дм³; для 2 ЧГ – 236,95 мг/дм³; для 3 BM – 1392,59 мг/дм³; для 4 BM – 676,95 мг/дм³; для 6 BM – 1536,84 мг/дм³; для 7 BM – 967,9 мг/дм³; для 8 BM – 1011,87 мг/дм³; для 9 BM – 590,93 мг/дм³; для 10 BM – 152,59 мг/дм³.

Сухий залишок. Сухий залишок – умовний показник, який характеризує загальний вміст (мг/дм³) у воді роз-

чинених неорганічних і органічних речовин [2]. Максимальні концентрації були встановлені в літньо-осінній період, мінімальні – в зимово-весняний.

Мінералізація. Мінералізація – загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених іонів, солей і колоїдів) [2]. Проведені дослідження показали зміну значень загальної мінералізації досліджуваних шахтних вод від 3107,05 до 9231,02 г/дм³ (рис. 1-3), максимум яких характерний для літньо-осіннього періоду, а мінімум – для зимово-весняного. Зменшення значень мінералізації пов'язане зі зменшенням поверхнево-схилового стоку та просочування атмосферних опадів.

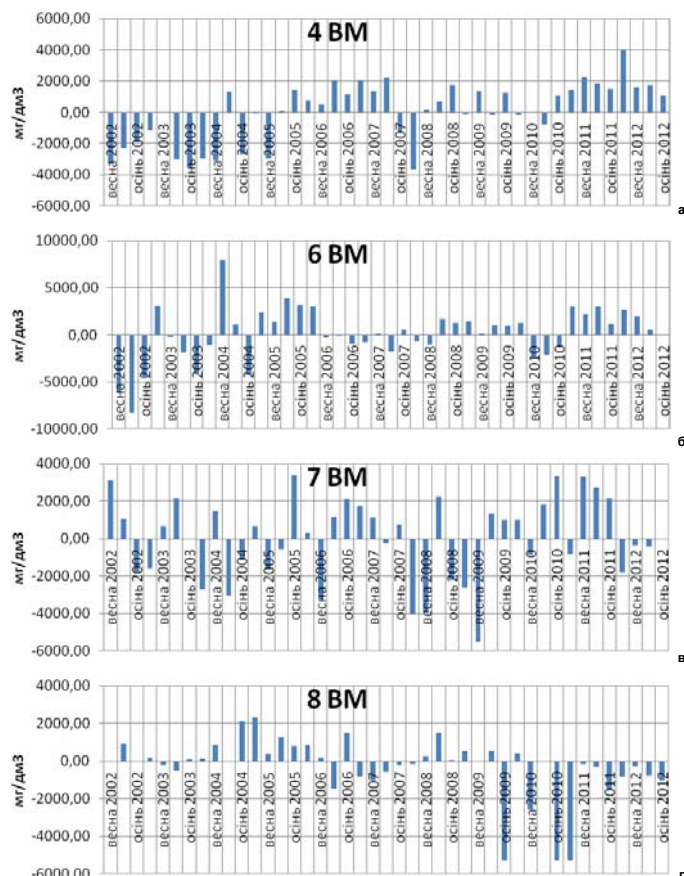


Рис. 2. Графіки відхилень показників мінералізації від середніх значень у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району для а – 4 BM, б – 6 BM, в – 7 BM, г – 8 BM

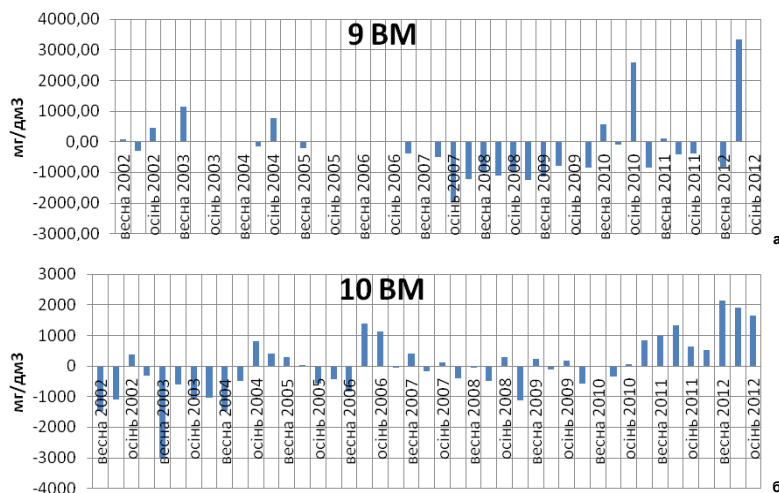


Рис. 3. Графіки відхилень показників мінералізації від середніх значень у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району для: а – 9 BM, б – 10 BM

Середні значення мінералізації шахтних вод між шахтами ЧГПР розподіляються таким чином: для 1 ВМ – 6534,16 мг/дм³; для 2 ЧГ – 3160,15 мг/дм³; для 3 ВМ – 5010,63 мг/дм³; для 4 ВМ – 5813,58 мг/дм³; для 6 ВМ – 9231,02 мг/дм³; для 7 ВМ – 7842,44 мг/дм³; для 8 ВМ – 5257,31 мг/дм³; для 9 ВМ – 3107,05 мг/дм³; для 10 ВМ – 4291,5 мг/дм³.

Нітратна група. Азот присутній у воді у вигляді як неорганічних, так і різноманітних органічних сполук. Неорганічні сполуки азоту – амоній NH₄, нітрити NO₂⁻ та нітрати NO₃⁻. Азот надходить у підземні води з різноманітних джерел: атмосфери, ґрунтів і гірських порід, з якими контактує вода в процесі фільтрації, а також привноситься з надр по зонах тектонічних розломів [1, 2]. Важливим джерелом забруднення підземних вод сполуками азоту є терикони вугільних шахт, що горять. При горінні териконів відбувається утворення техногенних азотвміщуючих мінералів. Під впливом атмосферних опадів відбувається руйнування цих мінералів. У результаті утворюються нітрити і нітрати, що інфільтруються у підземні води, забруднюючи останні.

Аміак є початковим продуктом гниття органічних речовин, і тому його наявність у воді вказує на свіже забруднення її органічними речовинами. При більш давньому забрудненні у воді будуть накопичуватися кінцеві продукти мінералізації органічних речовин – нітрати [2]. Таким чином, по наявності у воді аміаку, нітритів або нітратів можна судити про давнину забруднення води.

Спостерігається чітка залежність між вмістом в підземних водах сполук азоту та рН підземних вод. Нітрат-іон (NO₃⁻) і нітрит-іон (NO₂⁻) є характерними для обстановки окислення, а іон амонію (NH₄⁺) – відновлення.

Вміст нітритів у шахтних водах становить 0,004-2,32 мг/дм³. Сезонні варіації вмісту нітритів характеризуються низькими концентраціями взимку, їх підвищенням у весняний період за рахунок розпаду неживої органічної речовини. Найвищі концентрації нітритів спостерігаються улітку, їхня присутність пов'язана з активністю фітопланктону. Восени вміст нітритів зменшується.

Вміст нітратів у водах складав від 0,01 до 2,63 мг/дм³. Концентрація нітратів у шахтних водах схильна до сезонних коливань: мінімальна у зимовий період, вона збільшується весною і досягає максимуму влітку.

Концентрація амонію протягом періоду спостережень змінювалась від 0,02 до 6,98 мг/дм³, підвищення його вмісту було характерним для весняно-літнього періоду, а пониження – для зимового.

Висновки

S. Voitovych, Senior Laboratory Assistant
Chair of Physics of the Earth Department
e-mail: starostasvetik@mail.ru
Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskoho Str. Lviv, Ukraine ,79005

PIT WATER CHEMICAL COMPOSITION VS TIME FACTOR IN THE CHERVONOHRAH MINING REGION

The purpose of the paper is to identify patterns of changes in pit water chemical composition in Chervonohrad mining region conditioned by time, to trace time variations, and determine the factors.

The research involved a method of analytical and statistical processing of the pit water geochemical data in Chervonohrad mining region based on Statistica-built diagrams.

The analysis of the pit water chemical composition in Chervonohrad mining region concludes the presence of seasonal changes in the pit water chemical composition, and states natural conditions to be essential in forming its chemical composition.

There have been studied spatial-temporal changes in the saline composition of the pit water in Chervonohrad mining region, factors that precondition pit water chemical composition, correlation between natural and artificial conditions, and their effects on pit water chemical composition.

A practical value of the study is that the data obtained can be used to forecast threats to the environment caused by pit water, to propose ways of water treating, and to predict adverse environmental effects in the areas of similar geological features.

Key words: pit water, chemical composition, seasonal variation, Chervonohrad mining region.

З усього, сказаного вище, встановлено, що формування хімічного складу шахтних вод відбувається під дією двох груп факторів – природних та антропогенних, але, враховуючи наведені вище дані, можна стверджувати, що вирішальною у переважній більшості випадків є природна група факторів, а саме: взаємодія води з вміщуючими породами різноманітного складу; склад води, що надходить у водоносний горизонт з різних джерел живлення – за рахунок просочування атмосферних опадів, розвантаження глибокозалегаючих підземних вод, перетікання з інших водоносних горизонтів.

Отримані результати можуть застосовуватися для прогнозування змін стану довкілля ЧГПР під впливом шахтних вод і для можливого прогнозування екологічних наслідків у інших районах з огляду на схожість геологічних особливостей та відмінності районів. Висновки, зроблені на підставі проведеної роботи, варто враховувати при виборі оптимального способу очищення шахтних вод, а також при розробці найбільш ефективних захисних рішень щодо охорони навколишнього природного й техногенного середовища.

Список використаних джерел

1. Бучацька Г.М., (2002). Гідрогеологічні умови та гідрогеохімічна зональність Львівсько-Волинського вугільного басейну. ВЛУ. Серія геологічна, 16, 144-154.
2. Buchats'ka H.M., (2002). Geochemical and hydrogeochemical features Chervonograd mining industrial region. Visnyk L'vivskoho universytetu. Seriya heolohichna, 16, 144-154 (In Ukrainian).
3. Крайнов С.Р., Швець В.М., (1992). Гідрогеохімія. М.: Недра, 463 с. Krainov S.R., Shvets V.M., (1992). Hydrogeokhimiya [Hydrogeochemistry]. Moscow, Nedra, 463 p. (In Russian).
4. Струєв М.И., Исаков В.И., Шпакова В.Б. и др., (1984). Львовско-Волынский бассейн: Геолого-промышленный очерк. К., 273 с. Struev M.Y., Isakov V.Y., Shpakova V.B. et al., (1984). L'vovsko-Volynskyy basseyn: Heoloho-promyshlennyy ocherk [Lvov-Volyn basin: Geological and industrial essay]. Kyiv, Naukova dumka, 273 p. (In Russian).
5. Суярко В.Г., (2010). Гідрогеохімія (геохімія підземних вод). Харків, ХНУ імені В.Н.Каразіна, 112 с. Suyarko V.H., (2010). Hidroheokhimiya (heokhimiya pidzemnykh vod) [Hidroheokhimiya (groundwater geochemistry)]. Kharkov, KhNU imeni V.N.Karazyna, 112 p. (In Ukrainian).
6. Ярош Ю., Харкевич В., (2003). Хімізм шахтних вод Червоноградського гірничо – промислового району як один із чинників негативного впливу на геологічне середовище. ВЛУ. Серія геологічна, 17, 137-147. Yarosh Yu., Kharkevych V., (2003). The chemistry of mine water Chervonograd mining – industrial region as one of the negative factors affecting the geological environment. Visnyk L'vivskoho universytetu. Seriya heolohichna, 17, 137-147 (In Ukrainian).

Надійшла до редколегії 29.05.14

С. Войтович, ст. лаб., starostasvetik@mail.ru,
кафедра фізики Землі, геологічний факультет
Львівський національний університет імені Івана Франка
ул. Грушевського, 4, г. Львів, 79005, Україна

ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Цель – выявить временные закономерности изменений компонентного состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района, проследить временные вариации показателей и установить факторы, которые ее обусловили. Методика: аналитическая и статистическая обработка всех собранных геохимических данных по шахтным водам Червоноградского горнопромышленного района. Построение диаграмм происходила с помощью программы Statistica.

В результате проведен анализ динамики изменений компонентов химического состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района. Установлено наличие сезонных изменений этих компонентов, а также установлено, что естественная группа факторов является решающей в формировании химического состава шахтных вод в большинстве случаев. Впервые установлены особенности пространственно – временных изменений компонентов солевого состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района. Определены приоритетные факторы и закономерности формирования химического состава шахтных вод. Проанализированы природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование состава этих вод.

Практическое значение исследования заключается в том, что результаты исследований могут использоваться для прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием шахтных вод, для выбора оптимального способа очистки этих вод, а также для возможного прогнозирования экологических последствий в других районах, учитывая сходство геологических особенностей и отличий районов.

Ключевые слова: шахтные воды, химический состав, сезонные вариации, Червоноградский горнопромышленный район.

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 550.3 (519.21)

З. Вижва, д-р фіз.-мат. наук, доц.,
E-mail: zoya_vyzhva@ukr.net

В. Демидов, канд. фіз.-мат. наук, асист., E-mail: fondadl@ukr.net

А. Вижва, асп., E-mail: motomustanger@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ КРЕЙДЯНОЇ ТОВЩІ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО НА ПРОММАЙДАНЧИКУ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛІ КОШІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії канд. геол. наук О.І. Меньшовим)

Робота присвячена подальшій розробці теорії та методів статистичного моделювання (методів Монте-Карло) випадкових процесів та полів на основі їх спектральних розкладів, а також застосуванню таких методів до розв'язання актуальних задач геофізичного моніторингу довкілля. Для даних дослідження густини товщі крейдяних відкладів на території проммайданчика Рівненської АЕС розроблено нову ефективну методику чисельного моделювання випадкових 3D полів. Розглянуто задачу статистичного моделювання реалізацій випадкового поля "шуму" для даних густини крейдяної товщі у тривимірному просторі.

Із 3D даних густини крейдяної товщі було виділено 2D дані на трьох рівнях глибини залягання порід (28, 29, 30 м від поверхні). На кожному рівні дані було представлено у вигляді суми детермінованої та випадкової складових. Детермінована 2D трендова поверхня була побудована за допомогою сплайнової інтерполяції. Випадкова складова (так званий "шум") – це однорідне ізотропне 2D випадкове поле.

Сформульовано алгоритм для генерування реалізацій випадкового поля "шуму" для даних густини крейдяної товщі із кореляційною функцією типу Коші на основі оцінки середньоквадратичної апроксимації випадкових полів, що розглядаються. Сконструйовано статистичну модель для гауссівських однорідних та ізотропних випадкових полів у тривимірному просторі, які задано своїми статистичними характеристиками.

На основі підібраної статистичної моделі та розробленого алгоритму побудовано оригінальну програму Spectr 3 для чисельного моделювання реалізацій значень даних у тривимірному випадку. Додатково змодельовано 300 зімітованих значень даних густини крейдяної товщі в проміжках між точками спостережень для кожного рівня. Проведено ефективне порівняння точності моделювання запропонованого методу та методу TBM (turning band method).

Впроваджено метод статистичного моделювання реалізацій випадкових 3D полів на основі спектральних розкладів у вирішенні проблем кондиційності карт шляхом доповнення даних густини крейдяної товщі до необхідної детальності. Розроблено універсальний метод чисельного моделювання геофізичних даних, який дає можливість вирішити проблеми генерування реалізацій випадкових полів у тривимірному просторі на сітці необхідної детальності та регулярності.

Ключові слова: геофізичний моніторинг природних процесів, крейдяні породи, статистичне моделювання.

Вступ. У геофізиці більшість результатів досліджень отримують у цифровому вигляді, зокрема і дані в тривимірному просторі (в просторі 3D), які представляють собою вимірювання геофізичних показників, що спостерігаються, в залежності від трьох просторових координат, або від часу та двох просторових координат. Проте, на практиці точність отриманих даних залежить від різних випадкових впливів, які необхідно враховувати при обробці цих даних. Крім того, виникає проблема кондиційності карт, коли дані для їх побудови неможливо отримати у всій повноті або із потрібною деталістю на деяких ділянках області дослідження. Тоді в таких ситуаціях для доповнення результатів вимірювань даними, яких не вистачає, часто

рекомендується застосовувати методи статистичного моделювання (методи Монте-Карло) реалізацій випадкових процесів та випадкових функцій у багатовимірному просторі (випадкових полів) [1-8].

Об'єкт дослідження та методика застосування статистичного моделювання до 3D даних спостережень. У роботі об'єктом дослідження є просторові дані моніторингових спостережень на території розташування РАЕС. Проводився комплекс геофізичних досліджень, серед яких використовувались сейсморозвідка КМЗХ (1983-1984 рр), електророзвідка ВЕЗ (1978-1979 рр), міжсвердловинне прозвучування (1983 р), радіоактивний каротаж (1982-1983 рр), резистивиметрія в свердловинах (1982 р) та ін.

Серед моніторингових спостережень найбільший інтерес представляють радіоізотопні дослідження густини та вологості ґрунтів по периметру збудованих споруд за період 1984-2002 рр. Густина ґрунтів визначали методами гамма-гамма каротажу, вологість ґрунтів – методом нейтрон-нейтронного каротажу. Саме результати останніх двох методів є найбільш цікавими з точки зору наявності тривалих 3D спостережень за зміною параметрів.

Виникає проблема доповнення моделюванням даних, які отримані протягом 1984-2002 років при контролі зміни густини крейдиної товщі на території досліджуваного проммайданчика з використанням радіоізотопних методів по сітці, що включала 29 свердловин. У роботі це питання запропоновано вирішувати методом статистичного моделювання 3D випадкових полів.

Даними досліджень є масив радіоізотопних досліджень густини порід по периметру збудованих споруд за період 1984-2002 рр, який отримано у 29 свердловинах. Для аналізу використовувалися спостереження по низці свердловин, які відкрили крейдиану товщу на деяких рівнях глибин. Із даних густини порід $\eta(x,y,z)$, які подані в 3D вигляді, було виділено 2D дані на фіксованих площинах $Z_0, Z_1, \dots$, де Z_i – це глибина залягання крейдианих відкладів на i -му рівні. Таким чином, моделювання зводиться від 3D масиву до 2D, але при цьому набір фіксованих площин дає можливість відтворити тримірне зображення середовища, що моделюється.

У процесі побудови карт за даними густини крейдиної товщі на кожній із площин i -го рівня було виділено детерміновані та випадкові складові. При цьому, детерміновану функцію можна підбирати шляхом наближення різними методами. Ця процедура називається виділенням тренда для даних площини. В нашій роботі по кожній із поверхонь $Z_0, Z_1, \dots$ значень густини крейдиної товщі $\eta(x,y,z_i)$ плоскої області i -го рівня за допомогою сплайнової інтерполяції була побудована детермінована трендова поверхня $f(x,y,z_i)$. Для цього використовувалось середовище MathCad.

На наступному етапі роботи було обчислено різниці між поверхнями вхідних даних $\eta(x,y,z_i)$ (значень густини порід) та трендовими поверхнями $f(x,y,z_i)$ для кожного i -го рівня (Z_i – фіксоване). Значення таких різниць утворюють випадкове поле відхилень $\xi(x,y,z_i)$ на i -й площині. Після такої операції вхідні дані кожного i -го рівня можна подати у вигляді суми однорідної ізотропної випадкової складової $\xi(x,y,z_i)$ (так званий "шум"- випадкове поле) та тренда $f(x,y,z_i)$ – детермінованої функції, тобто суми:

$$\eta(x,y,z_i) = f(x,y,z_i) + \xi(x,y,z_i). \quad (1)$$

У результаті задача звелась до такої, коли на трендовий каркас, побудований на сітці більшої детальності, ніж сітка реальних спостережень, необхідно накласти додаткові змодельовані значення випадкового поля "шуму", які можна отримати розробленим авторами методом чисельного моделювання 3D випадкових полів.

У роботі запропоновано використовувати для цього метод статистичного моделювання 3D випадкових полів $\xi(x,y,z_i)$ на основі їх спектрального розкладу [1, 6], який дає можливість за окремими отриманими значеннями їх реалізацій знайти досконале зображення таких полів у всій області спостережень. При цьому такі випадкові поля "шуму" мають бути однорідними та ізотропними.

Для того, щоби побудувати модель та алгоритм статистичного моделювання значень реалізацій "шуму", необхідно перед цим провести статистичний аналіз даних досліджень густини порід.

Якщо в результаті перевірки щільність розподілу даних буде мати наближено гауссівський розподіл, то потрібно застосовувати вказаний метод чисельного моделювання із використанням нормально розподілених випадкових величин. Такий алгоритм розроблено в статті [3]. За допомогою нього можна генерувати на комп'ютері реалізації 3D даних відповідно до підібраної моделі.

Також було проведено моделювання реалізацій параметрів дослідження методом TBM (turning band method) [7, 8] для генерування реалізацій двовимірних випадкових полів. Основною ідеєю такого методу є зведення двовимірного моделювання до одновимірного вздовж прямої лінії, яка обертається на площині. Замість прямого моделювання 2D поля в методі TBM моделюються його значення вздовж прямої в просторі. При цьому, зважена сума відповідних значень прямої процесів визначена в кожній точці області площини. Для такого метода вводиться базове рівняння, яке регулює перетворення двовимірної кореляційної функції в одновимірну.

Важливим завданням цієї статті було також здійснити порівняльний аналіз результатів точності генерування реалізацій випадкових полів методом TBM та методом, розробленим у [3].

Основні етапи чисельного моделювання при вирішенні задачі та результати.

При обробці даних моніторингових спостережень за зміною густини крейдиної товщі на території досліджуваного проммайданчика на території розташування РАЕС з використанням радіоізотопних методів по сітці, що включала 29 свердловин, була вирішена проблема доповнення даних на більш детальній сітці шляхом чисельного моделювання.

На попередньому підготовчому етапі моделювання проводилась статистична обробка даних, які описано вище, із врахуванням характеру їх розташування в тривимірному просторі. Для визначення розподілу вхідних даних було побудовано для них гістограму (рис. 1). Встановлено, що дані мають наближено гауссівський розподіл.

На наступному етапі підбиралась статистична модель кореляції густини крейдиної товщі в тривимірному просторі, для чого визначено її варіограму та відповідну їй кореляційну функцію за допомогою пакету програм GEO-R (рис. 2). Моделювання проводилось по трьох рівнях (28, 29, 30 м від поверхні). Встановлено, що найбільш адекватно описували наші вхідні дані два типи кореляційної функції, а саме: функція Бесселя (2) [3] та функція Коші (3):

$$B(\rho) = 3\sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{J_3(a\rho)}{(a\rho)^2}, \quad a = 1, 5; \quad (2)$$

$$B(\rho) = \left(1 + \frac{\rho^2}{a^2}\right)^{-1}, \quad a = 1, 5. \quad (3)$$

На рис. 2 наведено графіки емпіричної (зображена хрестиками) та теоретичної (зображена точковим графіком) варіограм, побудованих за даними досліджень. Такий теоретичний варіограм відповідає кореляційна функція типу Коші (3) при значенні параметра $a = 1, 5$.

Спектральна щільність у тривимірному просторі для такої кореляційної функції типу Коші буде мати вигляд:

$$\Phi'(u) = a^2 u \exp\{-a u\} \quad (4)$$

Наведена спектральна щільність використовується у побудованому і вказаному нижче алгоритмі статистичного моделювання значень реалізацій "шуму" для даних густини крейдиної товщі.

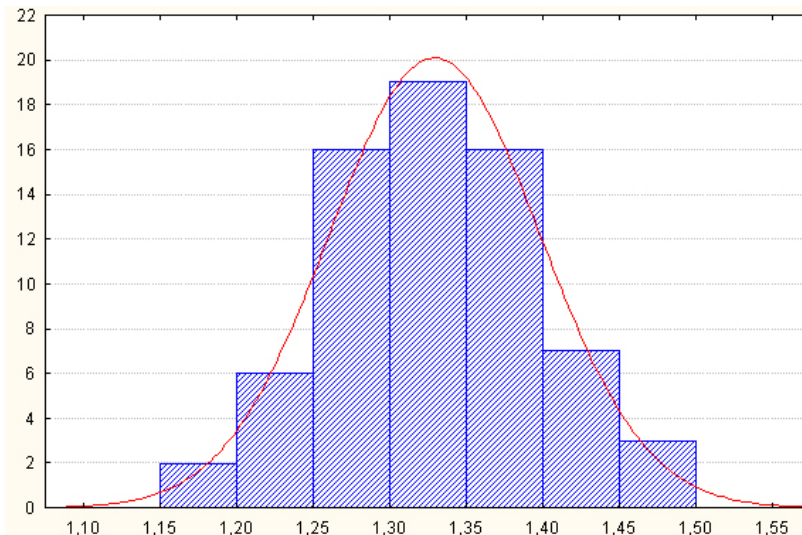


Рис. 1. Гістограма густини крейдяної товщі (осереднені 3D дані за 1984-2002 рр):
1 – кількість спостережень на кожному інтервалі густини; 2 – теоретична гауссівська крива

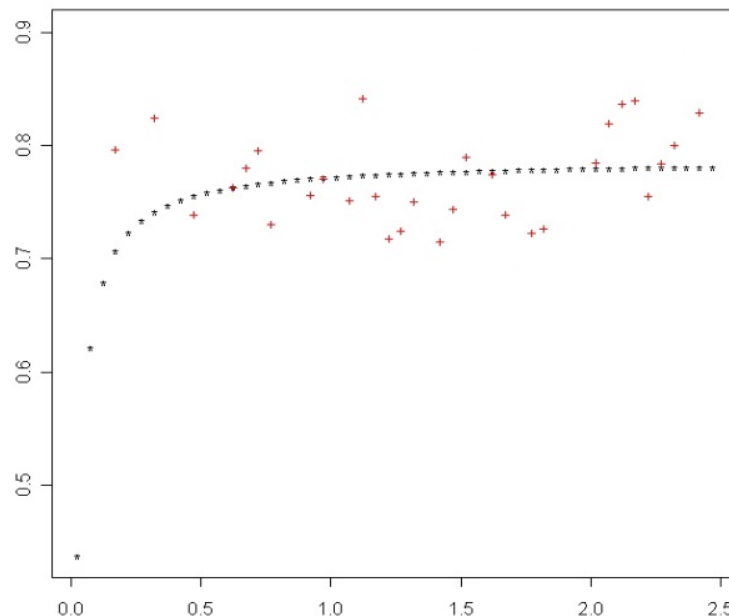


Рис. 2. Варіограми (емпірична та теоретична) для вхідних даних по крейдяній товщі,

яка відповідає кореляційній функції типу Коші $B(\rho) = \left(1 + \frac{\rho^2}{a^2}\right)^{-1}$, $a > 0$.

Для генерування реалізацій "шуму" даних досліджень була підібрана модель [1, с. 195] однорідного ізотропного випадкового поля $\xi(r, \theta, \phi)$ (r, θ, ϕ – сфери-

чні координати точки (x, y, z)) у тривимірному просторі, яка представлена наступною частковою сумою:

$$\xi_N(r, \theta, \phi) = \sum_{m=0}^N \frac{J_{\frac{m+1}{2}}(\zeta r)}{\sqrt{\zeta} r} \sum_{l=0}^m C_{m,l} P'_m(\cos \theta) [\cos l\phi \eta'_{m,1} + \sin l\phi \eta'_{m,2}], \quad (5)$$

де $\{\eta'_{m,l}\}$, $m=0,1,2,\dots$, $l=0,1,\dots,m$, $i=1,2$ – послідовності взаємно незалежних випадкових величин таких, що $M \eta'_{m,l} \eta'_{k,s} = \delta_m^k \delta_l^s \delta_i^j$, δ_i^j – символ Кронеккера, а ζ – незалежна від $\eta'_{m,l}$ і $\eta''_{m,l}$ ($m=0,1,2,\dots$, $l=0,1,\dots,m$) випадкова величина із спектральною функцією $\Phi(\lambda)$, коефіцієнти $C_{m,l}$ можна визначити за виразом

$$C_{m,l} = \sqrt{v_l(2m+1) \frac{(m-l)!}{(m+l)!}}, \text{ де } v_l = \begin{cases} 1, & k=0; \\ 2, & k>0, \end{cases} P'_m(z) - \text{при-}$$

єднані функції Лежандра, $J_m(z)$ – функція Бесселя першого роду m -го порядку.

Для моделювання випадкової величини ζ із спектральною функцією $\Phi(\lambda)$ та відповідною спектральною щільністю (3) скористаємось розробленим в [4] методом статистичного моделювання випадкових величин із гамма-розподілом при цілочисельному значенні параметра.

Нагадаємо, що випадкова величина ζ має гамма-розподіл із параметром v , якщо її щільність розподілу такого вигляду:

$$f(u) = u^{v-1} \exp\{-u\} / \Gamma(v).$$

Якщо параметр v – цілочисельний та $v=2$, то щільність розподілу буде:

$$f_a(u) = au \exp\{-au\}. \quad (6)$$

Тоді випадкову величину ζ із такою щільністю розподілу (6) можна змодельовувати [4] за формулою:

$$\zeta = -\frac{1}{a} \ln(\alpha_1 \alpha_2), \quad (7)$$

де α_1, α_2 – незалежні рівномірно розподілені випадкові величини.

Позначимо моменти через:

$$\mu_i = \int_0^\infty \lambda^i d\Phi(\lambda), i \in \mathbb{Z}_+. \quad (8)$$

Для того, щоб визначити похибку середньоквадратичного наближення об'єкта моделювання частковою сумою (5), необхідно скористатись оцінкою такого наближення, яку сформульовано в наступному твердженні [5]:

Теорема. Якщо $\mu_3 < +\infty$, то для всіх $N = 1, 2, \dots$ має місце нерівність:

$$M|\xi(r, \theta, \phi) - \xi_N(r, \theta, \phi)|^2 \leq \frac{5\mu_3}{4N^2}. \quad (9)$$

На основі моделі (5) та нерівності (9) згенеровано реалізації тривимірного випадкового поля із кореляційною функцією типу Коші виду (3) при значенні параметра $a=1,5$.

Для моделювання реалізацій гауссівського тривимірного однорідного ізотропного випадкового поля із такою кореляційною функцією використовувався наступний, запропонований у роботі [1], **алгоритм**:

1. Змодельовувати випадкову величину ζ із щільністю розподілу (6) за виразом (7).

2. Визначити відповідне для заданої точності наближення $\varepsilon > 0$ значення числа доданків N ряду за допомогою нерівності: $\frac{5\mu_3}{4N^2} \leq \varepsilon$, де $\mu_i, i \in \mathbb{Z}_+$ обчислюється за формулою (8).

3. Змодельовувати набори незалежних стандартних гауссівських випадкових величин $\{\eta_{m,1}^i, \eta_{m,2}^i\}$ ($m = 0, 1, 2, \dots, l = 0, 1, \dots, m$) із статистичними характеристиками: $M\eta_{m,1}^i = M\eta_{m,2}^i = 0$, $M\eta_{m,1}^i \eta_{k,s}^j = \delta_m^k \delta_l^s \delta_i^j$ –

символ Кронеккера.

4. Обчислити, при підстановці значень величин, обчислених за пунктами 1, 2 та змодельованих гауссівських випадкових величин за пунктом 3, значення реалізації випадкового поля $\xi(\vec{x})$ у заданій фіксованій точці (r, θ, ϕ) за формулою (5).

5. Знайти статистичну оцінку для кореляційної функції по отриманій реалізації випадкового поля $\xi(r, \theta, \phi)$ і порівняти із заданою (підбіраною для даних спостережень) кореляційною функцією $B(\rho)$, а також провести статистичний аналіз цієї реалізації на адекватність.

На основі підбіраної моделі (5) та наведеного алгоритму розроблено оригінальну програму Spectr 3 у середовищі Delphi 12.0 для чисельного моделювання реалізацій значень даних у тривимірному випадку.

За допомогою цієї програми згенеровано реалізації випадкового поля "шуму" для даних густини крейдиної товщі в тривимірному просторі із кореляційною функцією типу Коші (3) при значенні параметра $a=1,5$. Потрібно зауважити, що при моделюванні дані по рокам для кожної свердловини було усереднено.

Для моделі (5), яка використовувалась авторами для генерування реалізацій досліджуваного поля в фіксованій точці тривимірного простору, обчислення Бесселевих функцій та функцій Лежандра здійснювалось за допомогою оригінальної програми та перевірялися пакетом програм Mathematika.

Результати, які було отримано моделюванням за наведеним в параграфі алгоритмом, зображені на рис. 3. На рис. 3 (а) та на рис. 3 (б) наведено приклад побудови карти густини крейдиної товщі за даними спостережених свердловин (дані усереднені за всі роки по 29 свердловинах на рівні 28 та 30 м відповідно) за допомогою програми Surfer 10. Детальність цієї побудови за наявними даними не може забезпечити надійну характеристику стану крейдиної товщі, оскільки такої кількості результатів вимірювань для цього недостатньо.

На рис. 3 (в) и рис. 3 (г) наведено ізолінії рівних значень густини крейдиної товщі, що побудовані на основі змодельованих даних із урахуванням значень в режимних свердловинах (на рівні 28 та 30 м відповідно).

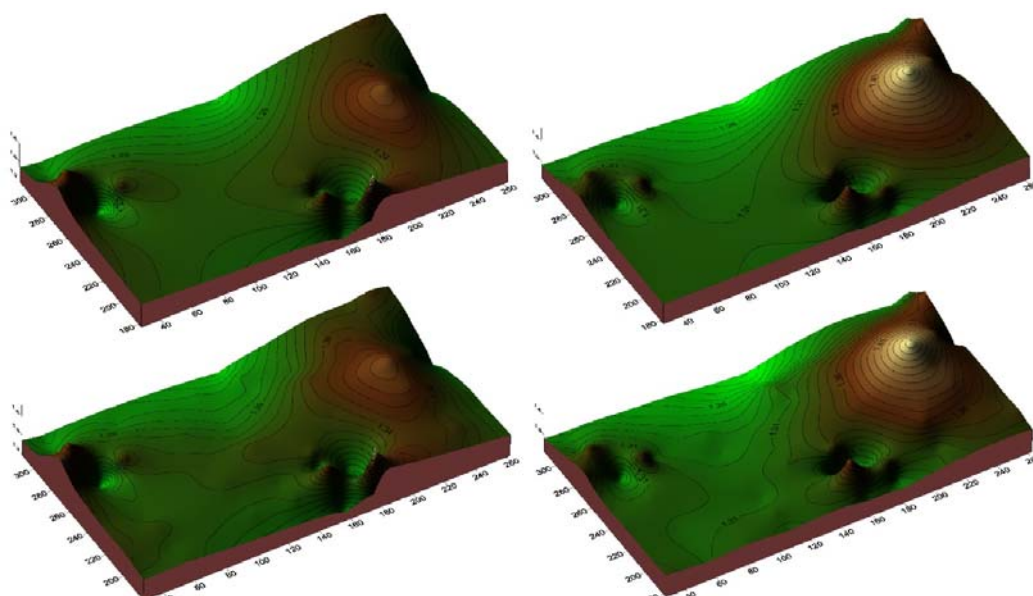


Рис. 3. Розподіл густини крейдиної товщі на проммайданчику Рівненської АЕС на глибинах 28 м (а) та 30 м (б) від поверхні, по усередненим спостереженням в 29 свердловинах за 1984-2004 рр (а), та по змодельованим даним із урахуванням значень в режимних свердловинах на глибинах 28 м (в) та 30 м (г)

Додатково отримані дані (змодельовано додатково 300 значень у проміжках між точками спостережень для кожного рівня) дозволяють мати більш надійну апроксимацію, що дає можливість більш обґрунтовано приймати рішення про стан крейдяної товщі на території розташування РАЕС та визначати місця для перевірки та проведення більш детальних досліджень.

Для порівняння адекватності моделювання методом, розробленим авторами в цій роботі на основі спе-

ктрального розкладу однорідного ізотропного випадкового поля у тривимірному просторі, та адекватності моделювання методом ТБМ було також згенеровано реалізації 3D випадкового поля із кореляційною функцією типу Коші (3) методом ТБМ. Побудовано варіограми для таких реалізацій (рис. 4), та для реалізацій, отриманих нашим методом (рис. 5).

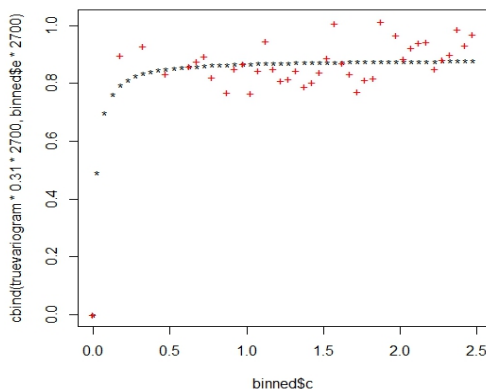


Рис. 4. Варіограми (емпірична та теоретична) згенерованих нашим методом реалізацій по крейдяній товщі з кореляційною функцією типу Коші

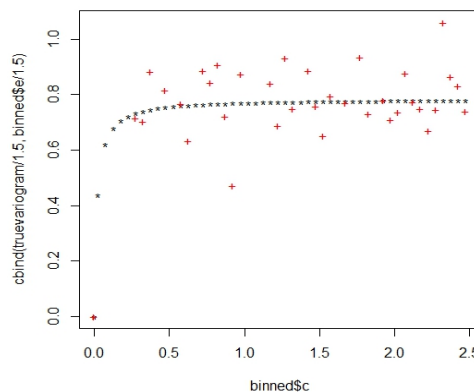


Рис. 5. Варіограми (емпірична та теоретична) згенерованих методом ТБМ реалізацій по крейдяній товщі з кореляційною функцією типу Коші

Порівняльний аналіз варіограм показав, що середньоквадратичне відхилення емпіричної варіограми (зображена хрестиками) та теоретичної (зображена точковим графіком) для розробленого авторами методу дорівнює 0,002816, а для методу ТБМ – 0,009325. Тобто, можна зробити висновок, що розроблений метод статистичного моделювання однорідних ізотропних випадкових полів у тривимірному просторі має точність майже в три рази вищу, ніж точність методу ТБМ.

Висновки. Запропонований метод статистичного моделювання реалізацій 3D випадкових полів на основі спектрального розкладу таких полів дає можливість доповнювати дані спостережень із заданою деталісттю. Цей метод не містить труднощів у зв'язку з необхідністю обчислення спектральних коефіцієнтів, як це виникає в запропонованому в роботах [2, 3] методі, а також не потрібно для нього проводити перетворення багатовимірної кореляційної функції в одновимірну, як це необхідно при застосуванні методу ТБМ [6, 7, 8]. При цьому, точність моделювання запропонованого методу майже в три рази вища, ніж точність методу ТБМ.

Результати застосування такого методу дозволяють зробити припущення про перспективу його використання для доповнення бази даних відсутніми в місцях пропусків даними, а також для виявлення аномальних областей та інших геофізичних задач. Отже, сфера застосування запропонованого методу не обмежується областю вирішеної в статті задачі.

Список використаних джерел

1. Вижва З.О., (2011). Статистичне моделювання випадкових процесів та полів. К.: Обрії, 388 с.
2. Вижва З.О., (2011). The statistical simulation of random processes and fields. Kyiv: Obrii, 388 p.
3. Вижва С.А., Вижва З.О., Демидов В.К., (2004). Статистичне моделювання карстово-суфозійних процесів на території потенційно небезпечних об'єктів // Геоінформатика. №2, 78-85.
4. Вижва С.А., Вижва З.О., Демидов В.К., (2004). The statistical simulation of karst-suffusion phenomenon on the territory of potential – dangerous objects // GeoInformatics. №2, 78-85.
5. Вижва С.А., Вижва З.О., Демидов В.К., (2006). Статистичне моделювання тривимірних полів у задачах геофізичного моніторингу геологічного середовища // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: 36. наук. праць. – Київ, 173-185.
6. Вижва С.А., Вижва З.О., Демидов В.К., (2006). The statistical simulation of three-dimensional random fields on the problems of geological environment monitoring // Theoretical and applying aspects of GeoInformatics. Zb. Nauk. Prats. Kyiv, 173-185.
7. Ермаков С.М., Михайлов Г.А., (1982). Статистическое моделирование. М.: Наука, 296 с.
8. Ермаков С.М., Михайлов Г.А., (1982). The Statistical Simulation, M.: Nauka, 296 c.
9. Яценко М.И., Гамалий О.Г., (1998). Статистичне моделювання однорідних та ізотропних тривимірних випадкових полів та оцінки похибок моделювання // Теор. ім. та мат. стат., №59, С. 171-175.
10. Yadrenko M.I., Gamaliy O.G., (1998). The statistical simulation of 3-D homogeneous and isotropic random fields and estimates of the modeling error // Theor. Probability and Math. Statist., No. 59, 171- 175.
11. Chiles J.P., Delfiner P., (2009). Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty / John Wiley & Sons, Inc. New York, Toronto, 720 p.
12. Mantoglov A., Wilson John L., (1981). Simulation of random fields with turning bands method // "MIT Ralph M.Parsons Lab. Hydrol. And Water Syst. Rept", N 264, 199 p.
13. Gneiting T., (1997). Symmetric Positive Definite Functions with Applications in Spatial Statistics. / Von der Universität Bayeuth zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) genehmigte Abhandlung, 107 p.

Надійшла до редколегії 22.05.14

Z. Vyzhva, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Assos. Prof. E-mail: zoya_vyzhva@ukr.net
V. Demidov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assistant E-mail: fondadl@ukr.net
A. Vyzhva, Postgraduate Student E-mail: motomustanger@ukr.net
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

MONTE CARLO METHOD AND CAUCHY MODEL: IDENTIFYING CHALK LAYER DENSITY ON RIVNE NPP INDUSTRIAL AREA

The paper furthers the theory and methods of random process and field statistical simulation (Monte Carlo methods) based on spectral decomposition, and focuses on the application of the methods mentioned to environmental geophysical monitoring.

A new effective statistical technique has been devised to simulate random fields in 3D space for chalk layer density on the Rivne NPP industrial site. There has been solved the problem of statistical simulation of "noise" for chalk layer density realizations as random fields in 3D space.

2D data were selected from 3D data on chalk layer density at three depth levels (28, 29, 30 m below the surface). The data were presented as the sum of deterministic and random components for each level. Deterministic 2D trend surface was constructed using spline interpolation. The random component ("noise" factor) is a 2D homogeneous isotropic random field.

There has been formulated an algorithm to generate "noise" field realization for chalk layer density involving Cauchy correlation function, which has been devised on the mean-square approximation of random fields' estimator. There has been made a statistical model for Gaussian homogeneous and isotropic random fields in three-dimensional space, which were given by their statistical characteristics.

There has been made Spectr 3 program based on the chosen statistical model and the formulated algorithm for statistical simulation of 3D random fields' realizations. Additionally simulated have been 300 values in the intervals between observation points for each level. The effective comparison of error simulation between the method proposed and TBM (turning band method) has been made.

There has been introduced a method of random processes and fields in 3D space statistical simulation based on spectral decompositions in order to enhance map accuracy by the example of chalk layer density data. There has been developed a universal method of statistical simulation of geophysical data for generating random 3D fields' realizations on grids with required accuracy and regularity.

Key words: environmental geophysical monitoring, chalk layer, statistical model.

3. Выжва, д-р физ.-мат. наук, доц., zoya_vyzhva@ukr.net

В. Демидов, канд. физ.-мат. наук, ассистент, fondadl@ukr.net

А. Выжва, асп., motomustanger@ukr.net

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ МЕЛОВОЙ ТОЛЩИ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО НА ПРОМПОЩАДКЕ РОВЕНСКОЙ АЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИ КОШИ

Работа посвящена разработке теории и методов статистического моделирования моделирования (методов Монте-Карло) случайных процессов и полей на основе их спектральных разложений, а также применению таких методов к решению актуальных задач геофизического мониторинга окружающей среды. Для данных исследования плотности толщи меловых отложений на территории промплощадки Ровенской АЭС разработана новая эффективная методика численного моделирования случайных 3D полей. Рассмотрено задачу статистического моделирования реализаций случайного поля "шума" для данных плотности меловой толщи в трёхмерном пространстве.

Из 3D данных плотности меловой толщи было выделено 2D данные на трёх уровнях глубины залегания пород (28, 29, 30 м от поверхности). На каждом уровне данные были представлены в виде суммы детерминированной и случайной составляющих. Детерминированная 2D трендовая поверхность была построена при помощи сплайновой интерполяции. Случайная составляющая (так называемый "шум") – это однородное изотропное 2D случайное поле.

Сформулирован алгоритм для генерирования реализаций случайного поля "шума" для данных плотности меловой толщи с корреляционной функцией типа Коши на основе оценки среднеквадратической аппроксимации рассматриваемых случайных полей. Сконструирована статистическая модель для гауссовских однородных изотропных случайных полей в трёхмерном пространстве, которые заданы своими статистическими характеристиками.

На основе подобранной статистической модели и разработанного алгоритма построено оригинальную программу Spectr 3 для численного моделирования реализаций значений данных в трёхмерном случае. Дополнительно смоделированы 300 симулированных значений данных плотности меловой толщи в промежутках между точками наблюдений для каждого уровня. Проведено эффективное сравнение точности моделирования предложенного метода и метода TBM (turning band method).

Внедрён метод статистического моделирования реализаций случайных 3D полей на основе спектральных разложений в решение проблем кондиционности карт путём дополнения данных плотности меловой толщи до необходимой детальности. Разработан универсальный метод численного геофизических данных, который даёт возможность решить проблемы генерирования реализаций случайных полей в трёхмерном пространстве на сетке необходимой детальности и регулярности.

Ключевые слова: геофизический мониторинг природных процессов, меловые породы, статистическое моделирование.

УДК 624.131

Н. Аксьом, канд. геол. наук, мол. наук. співроб., E-mail: axmn@i.ua
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗРАХУНКАХ СТІЙКОСТІ СХИЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС (НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА)

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

У статті наведено дані про зсувні процеси в м. Києві, розглянуто метод тривимірної оцінки стійкості схилів з використанням ГІС. Репрезентативною ділянкою досліджень обрано зсувні схили пагорбу Андріївської церкви в м. Києві. Наведено результати розрахунків коефіцієнтів стійкості класичним двовимірним методам К. Терцагі та тривимірним методом Ховланда.

В Києві зафіксовано близько 100 активних зсувів та 6 зсувних рельєфів. Більшість зсувів перебуває у стадії тимчасової стабілізації за рахунок роботи протизсувних споруд. Інтенсивність зсувного процесу зростає разом з освоєнням схилів і проведенням на них непередбаченого будівництва. Розвиток потужних яружних систем супроводжується складними переміщеннями великих обсягів ґрунтів на бортах ярів та по їх тальвегах. У такому переміщенні на різних ділянках яружної системи відбуваються рухи різного характеру – від зсувів до обвалів ґрунту. В загальному випадку при оцінці розвитку зсувів на схилах і укосах необхідно враховувати можливість порушення як загальної, так і місцевої стійкості.

Зараз активно розвивається і застосовується у розрахунках стійкості схилів тривимірне моделювання (3D). На даний час воно все більше входить у практику інженерних розрахунків, у тому числі в чисельне моделювання напружено-деформованого стану масивів ґрунтів, активно застосовується при вирішенні широкого спектру екологічних і гідрогеологічних завдань.

Визначення величин коефіцієнтів стійкості здійснено на підставі розрахункової моделі стійкості К. Терцагі (2D) та методом Ховланда (3D) для однієї з зсувних ділянок у м. Києві. Тривимірна оцінка стійкості зсувонебезпечних схилів засобами ГІС дозволить у подальшому використовувати отримані результати для моніторингу їхнього стану та (в разі необхідності) проведення запобіжних заходів для попередження зсувів. Ділянка території, яка досліджувалась, приурочена до правого корінного схилу долини р. Дніпро і розташована поблизу підніжжя Андріївської гори. Геологічна будова ділянки території Андріївської церкви на глибину до 23 м представлена відкладами четвертинної та неогенової систем. Результати розрахунків дозволили виділити на схилах пагорбу дві потенційні зони утворення зсувів – на північ і на схід від Андріївської Церкви. Тривимірна оцінка дозволяє більш об'єктивно оцінювати ризики, пов'язані з просторовою активізацією зсувного процесу.

Ключові слова: зсуви, коефіцієнт стійкості, тривимірна модель стійкості, метод Ховланда.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Місто Київ – одне з найбільших міст України, де негативні геологічні процеси поширені досить широко і спричиняють значні економічні та інші збитки в народногоспо-

дарській діяльності. Тут зафіксовано близько 100 активних зсувів та 6 зсувних рельєфів. Більшість зсувів перебуває у стадії тимчасової стабілізації за рахунок роботи протизсувних споруд. Інтенсивність зсувного про-

цесу зростає разом з освоєнням схилів і проведенням на них неупорядкованого будівництва. Активізація зсувного процесу відмічена на ділянках зсувного схилу між вул. Петровською та Кудрявською (Петровський яр), біля Андріївської церкви, між вул. Дехтярівською та Киянківським провулком, в районі фунікулера, нижче від Маріїнського палацу, біля пам'ятника Магдебурзькому праву та на території Києво-Печерської Лаври. Більшість зсувів приурочена до правого більш крутого берегу р. Дніпро. До найбільш зсувонебезпечних схилів, де можлива активізація процесу, відносяться ділянки між вулицями Лук'янівська – Олегівська, Глибочицька – Петровська (Гончарний яр, Петровський яр) та район Видубицького монастиря.

У м. Києві зсуви проявляються як ерозійно-гравітаційні процеси на високих правобережних схилах долини Дніпра та схилах його правобережних допливів з охопленням палеоген-неогенових і четвертинних відкладів [3]. Розвиток зсувів обумовлений багатьма чинниками, серед яких найважливіші – впливи гідрометеорологічних процесів в умовах антропогенних порушень рослинного покриву, поверхневого та підземного стоків. Максимум зсувної активності приходить на періоди, коли активно проявлялись ерозійні процеси, особливо навесні при таненні снігу, влітку під час злив.

Розвиток потужних яружних систем супроводжувався складними переміщеннями великих обсягів ґрунтів на бортах ярів та по їх тальвегах. В такому переміщенні на різних ділянках яружної системи відбуваються рухи різного характеру – від зплівів до зсувів і обвалів ґрунту.

Аналіз досліджень ерозійно-гравітаційних процесів на схилах долин Дніпра та його допливів, які проведені в різні роки [1, 8] став підставою для узагальнення, що деякі зсуви тут мали характер зплівів ґрунту (глетчерів) і відбувалися за відсутності дерево-чагарникової рослинності або пригніченої трав'яної.

У загальному випадку при оцінці розвитку зсувів на схилах і укосах необхідно враховувати можливість порушення як загальної, так і місцевої стійкості [2, 5]. Під оцінкою стійкості при цьому розуміється визначення можливості появи та ступеня розповсюдження активних (рухомих) зсувів при тих інженерно-геологічних умовах та діючих навантаженнях, що спостерігаються в реальних обставинах при виконанні пошуків (досліджень) на зсувних чи зсувонебезпечних ділянках схилів чи укосів [7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Зараз активно розвивається і застосовується у розрахунках стійкості схилів тривимірне моделювання (3D). На даний час воно все більше входить у практику інженерних розрахунків, у тому числі в чисельне моделювання напружено-деформованого стану масивів ґрунтів, активно застосовується при вирішенні широкого спектра екологічних і гідрогеологічних завдань. Одним з останніх "оплотів" використання в інженерній геології методів, основаних на двовимірному аналізі (2D), залишалися розрахунки стійкості схилів. Проте останнім часом і в цій галузі позиції 2D моделювання достатньо похитнулися. На теперішній час розроблено велику кількість методів тривимірних розрахунків стійкості на основі концепції граничної рівноваги і механіки суцільного середовища.

Метою роботи є тривимірна оцінка стійкості зсувонебезпечних схилів в м. Києві засобами ГІС з подальшим використанням отриманих результатів для моніторингу їх стану та (в разі необхідності) проведенню запобіжних заходів для попередження зсувів.

Виклад основного матеріалу. Перший досвід створення просторових методів розрахунку стійкості схилів відноситься до кінця 60-х років минулого століття, але

тільки в останні роки 3D методи в розрахунку стійкості схилів стали активно використовуватися для вирішення практичних завдань. Багато виробників спеціалізованого програмного забезпечення вже мають програмні модулі по тривимірному моделюванню стійкості схилів.

При цьому, розширення аналізу при розрахунку стійкості схилів у плоскій постановці до об'ємних рішень не таке просте завдання, як просто додавання ще одного виміру. Моделювання стійкості схилів у тривимірному варіанті безперечно більш правильно і перспективно в порівнянні з двовірними моделями, а переваги, пов'язані з об'ємним аналізом, очевидні. Вкажемо на деякі з них [4].

По-перше, в тривимірній постановці поверхня ковзання моделюється (за умови однорідності властивостей ґрунтів) у вигляді сегмента еліпсоїдальної поверхні. Круглоциліндрична поверхня ковзання при розрахунку в двовірному варіанті не є її аналогом. З точки зору механіки, розглянута задача, не може вважатися плоскою і, як наслідок, не може коректно, без істотних припущень, розв'язуватися в двовірній постановці.

По-друге, навіть у разі допустимості застосування двовірного варіанту при розрахунку стійкості схилів, існує велика кількість умов, які необхідно виконувати при вирішенні завдання, наприклад, таких як однорідність геологічної будови і топографічна однорідність схилу в напрямку його простягання. Але в практиці існує безліч випадків, коли саме ці фактори будуть чинити істотний вплив на стійкість (наприклад, тектонічний розлом, що перетинає схил під кутом або зрізка частини схилу при будівництві доріг і трубопроводів). Усе це можна врахувати тільки при побудові тривимірної моделі.

Розглянемо приклад просторового моделювання стійкості схилів.

Метод Х.Д. Ховланда (Hovland). Метод, який розробив Ховланд [11], є розширенням в третій вимір припущень двовірного методу Фелленіуса. Замість пластин в цьому методі були використані колони. У методі Ховланда зсувні сили між пластинами, що діють з боків колони, ігноруються. Нормальні і зсувні сили, що діють на основу кожної колони, виходять як компоненти ваги колони. Ще одне припущення полягає в тому, що існує рух тільки в одному напрямку, і рівновага системи розраховується на цей напрямок.

Тривимірний коефіцієнт стійкості визначається як відношення загальної суми утримують сил вздовж поверхні зсуву до суми сил, що зсувають.

Коефіцієнт стійкості схилу може визначатись наступним чином:

$$K_{ст} = \frac{\sum M_{упр}}{\sum M_{зс}}$$

Розрахункова схема методу Ховланда показана на рис. 1.

Було прийнято, що координати X і Y перпендикулярні одна одній в горизонтальній площині, координата Z – вертикальна, і вісь Y направлена в бік руху зсувного тіла (вниз по схилу). Розміри стовпчика в горизонтальній площині визначаються величинами Δx і Δy . Припускаючи, що Δx і Δy є постійними для всіх стовпців (сітка розбиття рівномірна), коефіцієнт стійкості може бути розрахований таким чином:

$$K_{ст} = \frac{M_{упр} \times \cos \theta_{avr}}{M_{зс} \times \sin \theta_{avr} \cos \theta_{avr}} = \frac{\sum_j \sum_i (cA + [z_{ji} \gamma \cos \theta - u_{ji}] \operatorname{tg} \varphi) \cos \theta_{avr}}{\sum_j \sum_i z_{ji} \gamma \sin \theta_{avr} \cos \theta_{avr}}$$

де γ та z – об'ємна вага стовпчика ґрунту та глибина залягання поверхні ковзання (параметри, що визнача-

ють величину тиску стовпчиків ґрунту від власної ваги); A – площа розрахункового стовпчика; φ – кут внутрішнього тертя та c – питоме зчеплення ґрунту; θ_{avg} та θ – відповідно, кут видимого падіння схилу та крутизна схилу (параметри, що визначають просторову орієнтацію схилу); i та j – відповідно, номер рядку та колонки матриці стовпчиків зсувного тіла.

Ховланд встановив, що кожне співвідношення зчеплення і кута внутрішнього тертя порід може мати свою власну критичну поверхню зсуву і геометрію. Дослі-

дження також показали, що ставлення коефіцієнтів стійкості в двовимірному і тривимірному випадку досить чутливо до міцносних показників порід, а також до форми поверхні ковзання і відносно нечутливі до ширини зсувної поверхні. Так само, отримані ним результати показали, що тривимірні коефіцієнти стійкості, як правило, вище, ніж двовимірні, хоча в деяких ситуаціях, в незв'язних ґрунтах тривимірний коефіцієнт стійкості може бути нижче двовимірного.

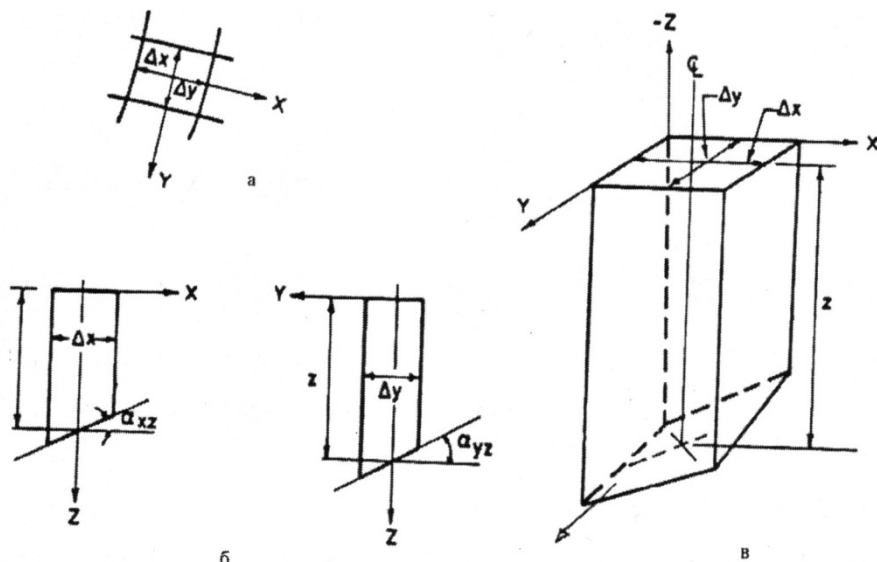


Рис. 1. Схема розрахунку за методом Ховланда:

а – план, б – розрізи, в – тривимірний вид стовпчика порід (складена А. Бойко)

Запропонована формула дозволяє розглядати зсувний масив як такий, що складається не з одного ряду стовпчиків (як у плоскій задачі), а з цілої матриці останніх. Одним із найбільш розповсюджених інструментів оцінки зсувної небезпеки на основі ГІС-технології є підхід, який базується на сітковій трьохмірній моделі. Таке тривимірне представлення розрахунку коефіцієнту стійкості схилу дозволяє застосовувати його в сучасних ГІС. Кожен з параметрів формули, використовуючи набір інструментів просторового аналізу програми ArcGIS 9.3, можна представити у вигляді grid-поверхні – растрового шару, кожному пікселю якого присвоюється конкретне значення в діапазоні значень обраного параметру. А отже, будь-який розрахунковий стовпчик тримірної моделі Ховланда може бути представлений у вигляді пікселя.

Важливо відмітити, що в якості базової моделі розрахунку стійкості може бути використано будь-який метод граничної рівноваги.

Для випадку коли в масиві зсувного тіла присутня природна поверхня ковзання, розрахунок ведеться таким чином:

а) за матеріалами топографічної зйомки та інженерно-геологічних вишукувань, проведених на зсувному схилі, складають цифрову модель рельєфу (ЦМР) і поверхні ковзання зсуву, визначають розрахункові значення фізико-механічних властивостей ґрунтів, що відповідають їх природному стану на момент дослідження у зоні зсуву;

б) у ГІС виконують графічне віднімання ЦМР денної поверхні і поверхні ковзання зсуву. В результаті цього отримують нову цифрову модель потужності зсуву;

в) графічним диференціюванням поверхні ковзання зсуву отримують ще одну цифрову модель – ухилів поверхні ковзання;

г) у ГІС зсувне тіло розбивається на ряд елементарних призм, при цьому приймається, що в межах кожної призми зберігається постійним кут нахилу поверхні ковзання;

д) за числовими значеннями кутів падіння поверхні ковзання α , вертикальної потужності зсуву h , об'ємної ваги ґрунтів γ , площі основи призм S і зсувних характеристик ґрунтів φ і c .

Даний підхід дозволяє провести оціночний аналіз стійкості схилу при об'ємній постановці задачі. Проте він не враховує багато факторів, наприклад, зсувні сили, що діють на гранях призми, просторову зміну кута падіння поверхні ковзання α , вплив ґрунтових вод і т.ін. Тому стало доцільним розглянути тривимірний розрахунок коефіцієнту запасу стійкості зсуву за методом Ховланда

Визначення величин коефіцієнтів стійкості здійснено на підставі розрахункової моделі стійкості К. Терцагі (2D) та методом Ховланда (3D) для однієї з зсувних ділянок в м. Києві.

Ділянка території, яка досліджувалась, приурочена до правого корінного схилу долини р. Дніпро і розташована поблизу підніжжя Андріївської гори, що знаходиться над рівнем річки приблизно на 80 м.

На Андріївському пагорбі у 1767 р було побудовано Андріївський собор, який є пам'ятником архітектури XVIII ст. Собор представляє собою двоповерхову споруду із цегли у вигляді цоколя з розмірами в плані 37х30 м та безпосередньо церкву з великим куполом в центрі і чотирма стрілочними баштами і колонами по кутах. Позначки закладання складного по висоті і в плані фундаменту змінюються від 166,89 м (у районі північно-західного фасаду) до 170,56 м (на відрізку південно-східної торцевої стіни).

Церква розташована на високому пагорбі на правому березі Дніпра, там де раніше знаходився бастион Старокиївської фортеці. Побудована вона у виключно

складних інженерно-геологічних умовах і з великою майстерністю вписана в рельєф місцевості.

Геологічна будова ділянки території Андріївської церкви на глибину до 23 м представлена відкладами четвертинної та неогенової систем.

У покрівлі четвертинних утворень практично повсюдно поширені насипні ґрунти. Ці ґрунти спільно з давньозміщеними утворюють зони ґрунтів потужністю до 10 м, зміщення яких не виключено в майбутньому. Стратиграфічно нижче залягає супісок лесовидний (місцями повністю розмитий) потужністю до 9,8 м. У підошві його де не де спостерігається лінзи суглинку флювіогляціального з включенням малопотужних лінз супіску та піску. Сумарна потужність флювіогляціальних відкладів не перевищує 3,4 м.

Суглинок моренний з тонкими прошарками супіску та піску, а також включеннями гальки кристалічних порід, розвинутій на більшій частині ділянки, що розглядається, і його потужність сягає 9,2 м.

Аналогічним поширенням характеризується глина бура, покрівля якої на більшій частині ділянки території розмита. Її максимальна потужність з урахуванням лінз прісноводного суглинку досягає 9,8 м.

Розкрита потужність повсюдно розвинутих строкатих глин досягає 3,7 м, а глин полтавського горизонту – 1,5 м.

Протягом всієї своєї історії Андріївська церква та прилегла до неї територія зазнавала деформацій та руйнувань. У зв'язку з частими зсувами та опливанням зараз до 50-55° збільшилась крутизна раніше більш пологих схилів пагорбу. Верхня частина його укосу щільно примикає до краю паперти і на східній ділянці оголив підпірну конструкцію.

Розрахунки стійкості схилів пагорбу показали, що у всіх випадках найбільш послаблені поверхні ковзання проходили в корінних породах на контактах з бурими або строкатими глинами. Отже, утворення зсувів мало переважно глибинний характер.

Результати розрахунків дозволили виділити на схилах пагорбу дві потенційні зони утворення зсувів – на північ і на схід від Андріївської Церкви. Коефіцієнти запасу стійкості укосів за методом Ховланда ($K_{ст}$) в цих зонах змінюються від 0,96-1,14 (східне підніжжя пагорбу) і від 0,9 до 1,21 (північно-східне підніжжя), що нижче нормативних значень для споруд 1-го класу ($K_{ст}=1,25-1,35$). Отримані величини коефіцієнтів стійкості за розрахунковою схемою К. Терцагі становлять 1,62-1,82. Для цих зон характерним є досить високе положення РГВ та велика крутизна укосів. Їх довготривала стійкість не може бути забезпечена без спеціальних заходів.

Висновки. Важливою перевагою тривимірної оцінки стійкості схилів є той факт, що такий розрахунок дозволяє прогнозувати розвиток зсувного процесу не тільки

по глибині проникнення (у масиві), але і в плані. При цьому може вирішуватися завдання по знаходженню найменш стійкою області на зсувонебезпечному схилі. Це дозволяє більш об'єктивно оцінювати ризики, пов'язані з просторовою активізацією зсувного процесу, приймати більш обґрунтовані конструктивні рішення по протизсувному захисту. Проведені співставлення і кількісний аналіз величин коефіцієнтів стійкості зсувонебезпечної ділянки схилу за розрахунковими схемами К. Терцагі та Ховланда підтвердили це положення.

Список використаних джерел:

1. Геоинформатика / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков, (2001). М.: МаксПресс, 349 с.
Ivannikov A.D., Kulagin V.P., Tihonov A.N., Tsvetkov V.Ya., (2001). Geoinformatika. Moscow: MaksPress, 349 p. (In Russian).
2. Дранников А.М., (1964). Противооползневые сооружения и мероприятия для защиты городской территории. Матер. совещания по вопросам оползней и мер борьбы с ними. Изд-во Киевского университета, 42-56.
Drannikov A.M., (1964). Protivoopolznevyie sooruzheniya i meropriyatiya dlya zaschityi gorodskoy territorii. Materialy soveschaniya po voprosam opolznei i mer borbyi s nimi. Izd-vo Kievskogo univesiteta, 42-56 (In Russian).
3. Звіт обґрунтування зсувних і зсувонебезпечних ділянок. Карта-схема зсувних процесів в м. Києві з виділенням найбільш небезпечних ділянок (том 3), (2001). Київ, 603 с.
Zvit obgruntuvannya zsuwnih i zsuвonebezpechnih dliyanok. Kartashema zsuwnih protsesiv v m. Kyiv z vidilennym naybilsh nebezpechnih dliyanok (tom 3), (2001). Kyiv, 603 p. (In Ukrainian).
4. Зеркаль О.В., Фоменко И.К., (2011). Рудник будущего: проекти, технологии, оборудование. Сопоставимость двух- и трёхмерного анализа устойчивости склонов. Пермь, 1, 46-49.
Zerkal O.V., Fomenko I.K., (2011). Rudnik buduschogo: proekti, tehnologii, oborudovanie. Sopostavimost' dvuh- i tryohmernogo analiza ustoychivosti sklonov. Perm., 1, 46-49 (In Russian).
5. Котлов Ф.В., Брашнава И.А., Сипягина И.К., (1967). Город и геологические процессы. М.: Наука, 226 с.
Kotlov F.V., Brashnava I.A., Sipyagina I.K., (1967). Gorod i geologicheskie protsessy. Moscow, Nauka, 226 p. (In Russian).
6. Лічков Л.С., (1938). До питання про режим зсувних явищ в районі розташування м. Києва та його околиць. Геологічний журнал, 5, 4, 146-195.
Lichkov L.S., (1938). Do pitannya pro rezhim zsuwnih yavishch v rayonі roztašuvannya m. Kyiv ta yogo okolits. Geologichnyi zhurnal, 5, 4, 146-195 (In Ukrainian).
7. Науково-технічний звіт про роботу по темі: „Укріплення пагорбу Андріївської церкви. Матеріали попередніх досліджень та вишукувань”, (2002). К: БАТ „Київпроект” інститут „Київінжпроект”, 23 с.
Naukovo-tehnichnyi zvit pro robotu po temi: „Ukrіplennya pagorbu Andriyivskoyi tserkvi. Materiali poperednih doslidzhen ta vishukuvannya”, (2002). Kyiv: VAT „Kyivproekt” Institut „Kyivlnzhproekt”, 23 p. (In Ukrainian).
8. Оползни. Исследование и укрепление / Под редакцией Р. Шустера и Р. Кризека, (1981). М.: Мир, 368 с.
Opolzni. Issledovanie i ukreplenie. In ed. R. Shustera, R. Krizeka, (1981). Moscow: Mir, 368 p. (In Russian).
9. Albataineh N., (2006). Slope stability analysis using 2D and 3D methods. Ohio, United States: The University of Akron, 126 p.
10. Cavounidis S., (1987). On the ratio of factor of safety in slope stability analyses. Geotechnique, 37, 2, 207-210.
11. Hovland H.J., (1977). Three-dimensional slope stability analysis method. Journal of the Geotechnical Engineering. Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 103, 971-986.

Надійшла до редколегії 22.04.14

N. Aksiom, Cand. Sci. (Geol.), Research Associate, E-mail: axmn@i.ua
Geological Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

GIS IN COMPUTING KYIV SLOPES STABILITY: THREE-DIMENSIONAL MODELING

The paper reports on landslide processes in Kyiv, and focuses on GIS methods in three-dimensional assessment of slope stability. Sliding hillsides of St. Andrew's Church in Kyiv make an area of study. The paper presents computation of the slope stability factor based on K. Tertsahi classical two-dimensional method and Hovland's three-dimensional method.

There have been recorded about 100 active landslides and 6 sliding reliefs in Kyiv. Most landslides have been temporarily stabilized by engineering constructions. However, landsliding increases because of unregulated property development on the slopes. The development of deep ravines is accompanied by complex movements of soil masses on the sides of ravines and on their bottoms resulting in landsliding or slumping. In general, to estimate a threat of landsliding there should be considered a scale of local and general slope destabilization.

Three-dimensional modelling (3D) is widely used to calculate slope stability. At present, it is becoming essential in engineering calculations, with numerical simulation of the soil mass strain being applied to solve a wide range of environmental and hydrogeological problems.

Stability factor for the investigated landslide site has been computed on (2D) sustainability model by K. Tertsahi and (3D) Hovland's method. The GIS 3D method to assess stability of the landslide-prone slopes provides their further monitoring, for landslide preventive measures to be taken when necessary. The site under study makes a base slope of the Dnieper valley and is located at the foot of St. Andrew's hill. The geological structure of the investigated area is represented by the Quaternary and Neogene sediments to a depth of 23 m. Computation reveals two landslide-prone slopes, to the north and to the east of St. Andrew's Church. Three-dimensional spatial assessment enhances the accuracy of predicting landslide risks.

Key words: landslides, stability factor, three-dimensional stability model, Hovland's method.

Н. Аксьом, канд. геол. наук, младший научный сотрудник, axmn@i.ua
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ РАСЧЕТАХ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС (НА ПРИМЕРЕ Г. КИЕВА)

В статье представлены данные об оползнях в Киеве, рассмотрен метод трехмерной оценки устойчивости склонов с использованием ГИС. Репрезентативным участком исследований выбраны оползневые склоны холма Андреевской церкви в г. Киев. Приведены результаты расчетов коэффициентов устойчивости классическим двумерным методом К. Терцаги и трехмерным методом Ховланда.

В Киеве зафиксировано около 100 активных оползней и 6 подвижных рельефов. Большинство оползней находится в стадии временной стабилизации за счет работы противооползневых сооружений. Интенсивность оползневого процесса растет вместе с освоением склонов и проведением на них неупорядоченного строительства. Развитие мощных овражных систем сопровождалось сложными перемещениями больших объемов грунтов на бортах оврагов и по их тальвегам. В таком перемещении на разных участках овражной системы происходят движения различного характера – от оползней до обвалов почв. В общем случае при оценке развития оползней на склонах и откосах необходимо учитывать возможность нарушения как общей, так и местной устойчивости.

Сейчас активно развивается и применяется в расчетах устойчивости склонов трехмерное моделирование (3D). В настоящее время оно все больше входит в практику инженерных расчетов, в том числе в численное моделирование напряженно-деформированного состояния массивов грунтов, активно применяется при решении широкого спектра экологических и гидрогеологических задач.

Определение величин коэффициентов устойчивости осуществлено на основании расчетной модели устойчивости К. Терцаги (2D) и методом Ховланда (3D) для одного из оползневых участков в г. Киев. Трехмерная оценка устойчивости оползневых склонов средствами ГИС позволит в дальнейшем использовать полученные результаты для мониторинга их состояния и (в случае необходимости) проведения мер для предупреждения оползней. Участок территории исследований приурочен к правому коренному склону долины р. Днепр и расположен у подножия Андреевской горы. Геологическое строение участка территории Андреевской церкви на глубину до 23 м представлено отложениями четвертичной и неогеновой систем. Результаты расчетов позволили выделить на склонах холма две потенциальные зоны образования оползней – на север и на восток от Андреевской церкви. Трехмерная оценка позволяет более объективно оценивать риски, связанные с пространственной активизацией оползневого процесса.

Ключевые слова: оползни, коэффициент устойчивости, трехмерная модель устойчивости, метод Ховланда.

Наукове видання



ВІСНИК КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ГЕОЛОГІЯ

Випуск 2(65)

Статті подано в авторській редакції.

Комп'ютерна верстка та коректування:
Ю.А. Тимченко, І.В. Цюпа

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

Responsibility for the opinions given, statements made, accuracy of the quotations, economical and statistical data, terminology, proper names and other information rests with the authors. The Editorial Board reserves the right to shorten and edit the submitted materials. Manuscripts will not be returned.

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



Формат 60x84^{1/8}. Ум. друк. арк. 8,37. Наклад 300. Зам. № 214-7135.
Вид. № Гл2. Гарнітура Arial. Папір офсетний. Друк офсетний.
Підписано до друку 30.09.14

Видавець і виготовлювач
Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет"
01601, Київ, б-р Т. Шевченка, 14, кімн. 43
☎ (38044) 239 32 22; (38044) 239 31 72; тел./факс (38044) 239 31 28
e-mail: vpc@univ.kiev.ua
http: vpc.univ.kiev.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1103 від 31.10.02